

Technická univerzita v Liberci

FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A PEDAGOGICKÁ

Katedra: Tělesné výchovy
Studijní program: Tělesná výchova a sport
Studijní obor Tv – Ge
(kombinace):

KINEMATICKÁ ANALÝZA KOPU PŘÍMÝM NÁRTEM V KOPANÉ

KINEMATIC ANALYSIS OF THE DIRECT INSTEP KICK IN FOOTBALL

Bakalářská práce: 2011–FP–KTV– 26

Autor:
Martin NEUSCHL

Podpis:

Adresa:
Žďárky 147
549 37, Žďárky

Vedoucí práce: Doc. PhDr. Vodičková Soňa, Ph.D.

Konzultant:

Počet

stran	grafů	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
57		20	9	14	3

V Liberci dne: 30. 12. 2010

Čestné prohlášení

Název práce: Kinematická analýza kopu přímým nártem v kopané
Jméno a příjmení autora: Martin Neuschl
Osobní číslo: P07000636

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má bakalářská práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil/a elektronickou verzi mé bakalářské práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě a uvedl/a jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne: 15. 4. 2011

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval Doc. PhDr. Soně Vodičkové, Ph.D, za odborné vedení a vstřícnost při tvorbě této bakalářské práce.

KINEMATICKÁ ANALÝZA KOPU PŘÍMÝM NÁRTEM V KOPANÉ

Anotace

Cílem práce bylo popsat technické provedení kopu přímým nártem levou a pravou dolní končetinou a srovnat jeho provedení s literárními zdroji. Dílčí úkolem bylo zjistit lateralitu dolních končetin pomocí výskoků na speciální desce Kistler a konfrontovat tuto skutečnost změřením rychlosti letu míče po odkopu levou a pravou nohou. Skrze kinematickou analýzu prováděnou v prostředí softwaru SIMI Motion 3D, byla získána potřebná data pro detailní popis techniky. Analyzovány jsou všechny fáze kopu jak z celkového pohledu, tak z hlediska jednotlivých segmentů těla, které mají rozhodující vliv na celkové provedení dané činnosti. Zároveň je v této práci obsaženo porovnání v provedení kopu preferovanou a nepreferovanou dolní končetinou. Vybraný pokus prvního fotbalisty byl proveden preferovanou dolní končetinou s rychlostí míče 27,11 m/s a nepreferovanou 23,83 m/s, u druhého fotbalisty byla naměřena rychlost preferovanou dolní končetinou 26,31 m/s a nepreferovanou 29,12 m/s, rozdíly v provedení jsou náležitě vysvětleny. Výsledky této práce nám tak nabízí detailní pohled na správné technické provedení a mohou být nápomocné trenérům při odhalování chyb a určování dominantní dolní končetiny.

Klíčová slova: Kinematická analýza, lateralita dolních končetin, kop přímým nártem

KINEMATIC ANALYSIS OF THE DIRECT INSTEP KICK IN FOOTBALL

Annotation

The aim of this work was to describe the technical implementation of the direct instep kick left and right lower limb and to compare its version with literary sources. Partial assignment was to determine the laterality of the lower extremities with special jumps on board Kistler and confront this fact by measuring the speed of the ball after kick-off the flight left and right foot. Through kinematic analysis done in a SIMI Motion 3D software has been obtained the necessary data for a detailed description of the technique. Analyzed all the phases of the kick as the overall terms and in terms of individual body segments, which have a decisive influence on the overall conduct of the activity. At the same time in this work is the comparison of models kick preferred and non-preferred leg. Selected footballers first attempt was made to the preferred leg ball speed 27,11 m/s and non-preferred 23,83 m/s for the second soccer player, values the preferred leg speed 26,31 m/s and non-preferred 29,12 m/s, the differences models are adequately explained. The results of this study offers us

a detailed look at the good technical performance, and coaches can be helpful in detecting errors and determining the dominant leg.

Key words: Kinematic analysis, laterality of lower limbs, direct instep kick

KINEMATISCHE ANALYSE VON RIST KICK BEI FUSSBALL GERADE

Anmerkung

Das Ziel dieser Arbeit war vollschreiben technische Ausführung gerade und geraderichten sein Ausführung mit literarisch Rüstung. Ein weitere, das Ziel war feststellen lateral untere Extremität mittels Aufsprung an speziell Platte Kistler und bestätigen folgende Wirklichkeit abmessen Gänge Flug Bälle nach abgraben die linke und echt beinig. Durch kinematisch Analyse in Medium Software SIMI Motion 3D, war erworben die nötigen Daten für detailliert Beschreibung Techniker, die ist ausführlich aufgeklärt in des jeweiligen ein Kapitel. Analysenlösung sind alle Phase gerade wie aus gesamt Ansicht, so aus der Sicht einzelner Segment des Körpers, die haben entscheidend Einfluß an gesamte Ausführung gegebenen Aktionen. Gleichzeitig in dieser Arbeit ist der Vergleich der Modelle Kick bevorzugten und nicht bevorzugten Bein. Ausgewählte Fußballer erste Versuch, die bevorzugte Bein Ballgeschwindigkeit 27,11 m/s und nicht bevorzugten 23,83 m/s für die zweite Fußball-Spieler gemacht wurde, der bevorzugten Werte Beingeschwindigkeit 26,31 m/s und nicht bevorzugten 29,12 m / s sind die Unterschiede Modelle ausreichend erläutert. Die Ergebnisse dieser Studie bietet uns einen detaillierten Blick auf die gute technische Performance und Trainer können bei der Aufdeckung von Fehlern und dieBestimmung der dominanten Bein hilfreich.

Stichwort: Kinamatische analyse, Lateralität der unteren Extremität, direkten Freistoß Vamp

OBSAH

ÚVOD	1
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	2
1.1 Kopaná a herní činnosti jednotlivce	2
1.1.1 Základní útočné činnosti jednotlivce	2
1.1.2 Základní obranné činnosti jednotlivce	3
1.2 Střelba	4
1.3 Kinematická analýza pohybu člověka.....	5
1.3.1 Rovinná 2D videoanalýza	7
1.3.2 Prostorová 3D videoanalýza.....	7
1.3.3 Rozmístění kamer při 3D videoanalýze	8
1.3.4 Vyhodnocení záznamu – určení souřadnic.....	9
1.3.5 Kalibrace	10
1.3.6 Úprava a kvalita vyhodnocených dat.....	11
1.3.7 Druhy výstupů získané zpracováním videozáznamu.....	11
1.4 Lateralita dolních končetin	12
2 CÍLE PRÁCE A DÍLČÍ ÚKOLY	15
3 POUŽITÁ METODIKA	16
3.1 Kinematografická vyšetřovací metoda.....	16
3.2 Kalibrace prostoru.....	17
3.3 Sledovaný soubor.....	19
3.4 Analýza videozáznamu	19
3.5 Analýza dat.....	21
4 VÝSLEDKY A DISKUZE	23
4.1 Lateralita dolních končetin	23
4.2 Analýza kopu přímým nártem	27
4.2.1 Analýza techniky kopu přímým nártem.....	27
4.2.2 Úhel mezi zadní stranou bérce a stehna	29
4.3 Pohyb kotníku v průběhu kopu.....	31
4.3.1 Popis poloh.....	31
4.3.2 Posun kotníku v čase.....	33
4.3.3 Rychlost kotníku.....	34

4.3.4	Rychlost kotníku a míče.....	35
4.4	Rychlost míče	37
4.5	Diskuze.....	39
5	ZÁVĚR.....	40
6	POUŽITÁ LITERATURA	42
7	PŘÍLOHY	43

ÚVOD

Tuto práci jsem si vybral z důvodu mého dlouhodobého věnování se tomuto sportu. Kopaná je sportovní, kolektivní branková hra. Počet registrovaných hráčů, kteří se věnují tomuto sportu, přesáhl ve světě 40 milionů. V české společnosti má tělesná výchova a sport vyhraněnou funkci a jako jedna ze složek tělesné kultury tvoří nedílnou součást společenského života. To platí i pro kopanou. Kopaná je v České republice vzhledem k historickému vývoji, svému charakteru, dostupnosti a přitažlivosti nejoblíbenějším sportovním odvětvím. Je účinným prostředkem k aktivnímu odpočinku, zvyšování celkové výkonnosti mládeže i dospělých, ale také oblíbeným prostředkem zábavy. Je to soutěživá činnost dvou soupeřících celků, z nichž každý se snaží soupeři vstřelit co nejvíce branek a současně jich co nejméně dostat.

Promyšlenou soustavu pohybů, jimiž hráč řeší určitou herní situaci, nazýváme herní činnost jednotlivce. V kopané nalezneme obrovské množství herních činností. Charakteristická je hra nohama, avšak při hře můžeme využít všech částí těla kromě rukou. Chceme-li blíže poznat zákonitosti, kterými se řídí technika provedení vybraného pohybu, musíme využít znalosti moderních metod, které jsou uplatňovány v rámci jednotlivých vědních oborů. Jednou z těchto metod je také 3D videografická vyšetřovací metoda.

S rostoucími nároky na technickou dokonalost hráčů je nutné diagnostikovat provedení pohybové činnosti a nalézt případné nedostatky, které není trenér schopen postihnout.

Řešení herních situací hráčem ve fotbale je ovlivněno zejména časovými a prostorovými podmínkami. V případě, kdy není hráč omezen nedostatkem času, provádí řešení pomocí končetiny, kterou upřednostňuje v běžném životě. Postupuje-li stejně v případě, kdy je čas pro realizaci výrazně kratší, klesá úspěšnost finálního provedení. Fotbalisté jsou připravováni k tomu, aby prováděli herní činnosti s míčem oběma končetinami. Přesto se i u vrcholových hráčů setkáváme s tím, že nejsou schopni provést činnost dostatečně kvalitně nepreferovanou nohou.

V této bakalářské práci je kop přímým nártem analyzován pomocí softwaru SIMI Motion a testem sledována laterálníta dolních končetin.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

1.1 Kopaná a herní činnosti jednotlivce

Kopaná je poměrně složitá hra. Její obsah spočívá v boji dvou soupeřících kolektivů, z nichž každý se snaží vstřelit soupeřovu družstvu co nejvíce branek a současně zabránit soupeři jejich vstřelení. Tento boj je bojem dvou kolektivů. Přesto však jej realizují jednotlivci, kteří buď bojují se soupeřem muž proti muži, nebo jej překonávají vzájemnou spoluprací – souhrou. To znamená, že základem boje kolektivů je jednání a činnost jednotlivců. Na jejich individuálním i kolektivním mistrovství záleží úspěch celého družstva (Choutka, 1963).

Individuální řešení herních situací se děje herními činnostmi jednotlivce. Sem patří i kop přímým nártem. Herní činnost jednotlivce je komplex promyšleným způsobem použitých pohybových úkonů, jimiž hráč řeší konkrétní herní situace. Zdůrazněním promyšleného používání pohybových úkonů chceme podtrhnout herní podmínky, v nichž se ta či ona činnost provádí, tj. ohled na přítomnost a jednání soupeře. Herní činnosti řadíme mezi nejelementárnější části hry, v nichž jsou zachovány skutečné vztahy ke všem činitelům vytvářejícím herní situace. Tak např. pojem kop nevyjadřuje nic kromě pohybové stránky, pojem přihrávka však již vyjadřuje účel, různé okolnosti, za kterých se provádí apod. Zdůrazňuje tedy jak vnitřní faktory (taktiku a techniku), tak i faktory vnější, tj. podmínky, za kterých se provádí.

Každá z herních činností jednotlivce obsahuje technickou a taktickou stránku.

- Technickou stránkou rozumíme způsob provedení herních činností jednotlivce v závislosti na podmínkách herní situace
- Taktickou stránku tvoří psychické procesy, jejichž předmětem je výběr řešení určité situace (Choutka, 1963).

1.1.1 Základní útočné činnosti jednotlivce

- Výběr místa je činnost, jejímž cílem je účelný pohyb po hřišti v každém okamžiku hry. Tato činnost je výsledek tvůrčího myšlení každého jednotlivce a zároveň důležitým předpokladem kolektivní hry.
- Nabíháním projevuje hráč iniciativu, na kterou reaguje hráč s míčem vhodně volenou přihrávkou. Nabíhání na přihrávky se děje většinou na střední či delší vzdálenosti a nabíhající hráč se tím zbavuje svého obránce.

- Vedení míče a obcházení soupeře je důležitou herní činností jednotlivce. Je to často jedinou možností, jak překonat obranu soupeře. Časté vedení míče a obcházení soupeře je škodlivé, neboť narušuje kolektivní spolupráci. Patří sem vedení míče přímým nártem, vnějším nártem, zašlápnutí, zaseknutí, kličky a stahovačky.
- Přihrávání je nejběžněji používanou herní činností jednotlivce a jejím cílem je dopravení míče ke spoluhráči tak, aby jej mohl snadno zpracovat a pokračovat ve hře.
- Střelba je útočnou činností jednotlivce, jíž útočné akce družstva vrcholí a která také rozhoduje o jejich úspěchu. Patří sem všechny techniky kopu, především pak kopy nártové (přímý, vnitřní i vnější) a vnitřní strany nohy (Oldřich, Buzek, Navara, 1972).

1.1.2 Základní obranné činnosti jednotlivce

- Obsazování hráče s míčem je velmi důležitou činností jednotlivce, neboť její kvalita rozhoduje o tom, zda soupeř číselně vyjádří svou převahu vstřelením branek. Zásadou při obsazování hráče s míčem má být jeho těsné obsazení. To znamená, že žádnému ze soupeřových útočníků nesmí být dovoleno, aby mohl volně jednat. Snahou obránce je znemožnit útočníkům činnost, pokud možno odebráním míče.
- Obsazování hráče bez míče se provádí volným obsazováním. Úkolem obránce, který obsazuje hráče bez míče, je sledovat soupeře ve vymezeném prostoru tak, aby mohl být těsně obsazován v okamžiku, kdy mu bude přihrán míč. To znamená, že vzdálenost mezi obráncem a útočníkem se bude neustále měnit v závislosti na situaci. Platí, že čím je vzdálenost od branky větší, tím menší je i nebezpečí jejího ohrožení, a proto může být i obsazování útočníka volnější.
- Obsazování prostoru je především rozdělení prostoru mezi jednotlivé hráče. V praxi to vypadá tak, že se obrana jako celek natáčí do směru, odkud přichází útok. Tím je způsobeno zhuštění obrany v místech nejvíce ohrožených. Kromě toho se v tomto směru také důkladněji provádí vzájemné zajišťování.
- Odebírání míče je snahou každého obránce přerušit soupeřův útok a získat míč pro své družstvo. Je to činnost, kterou obrana vrcholí. K ní má směřovat veškeré předchozí jednání obránce, který se snaží dostat soupeře do takové situace, která by mu odebírání míče ulehčila (Choutka; 1963).

1.2 Střelba

Střelba je usměrnění míče do branky tak, aby jej soupeř nemohl zneškodnit. Patří mezi herní činnosti jednotlivce. Touto činností vrcholí útočná fáze hry družstva, která má rozhodující význam pro vlastní efekt celého utkání. Úspěšnost střelby záleží na mnoha faktorech, vyplývajících jak z dovednosti hráče, tak i z vnějších podmínek. Je nutné, aby střelbu ovládal co největší počet hráčů družstva, protože současná hra vyžaduje rovnoměrnější zapojování všech hráčů při zakončování útoků. V některých situacích zakončují útok střelbou místo hráčů útočné řady hráči středové nebo i obranné linie.

Účinnost střelby nezávisí jen na technickém provedení, ale na řadě taktických faktorů, které ve větší míře ovlivňují charakter střelby. Střelba závisí na vypracování vhodných střeleckých situací, které jsou převážně výsledkem kolektivního úsilí, na vhodné spolupráci hráčů družstva.

Účinnost střelby záleží rovněž na předcházející činnosti střelících hráčů, na výběru správného způsobu střelby, včasnosti, umístění, vzdálenosti od branky atd.

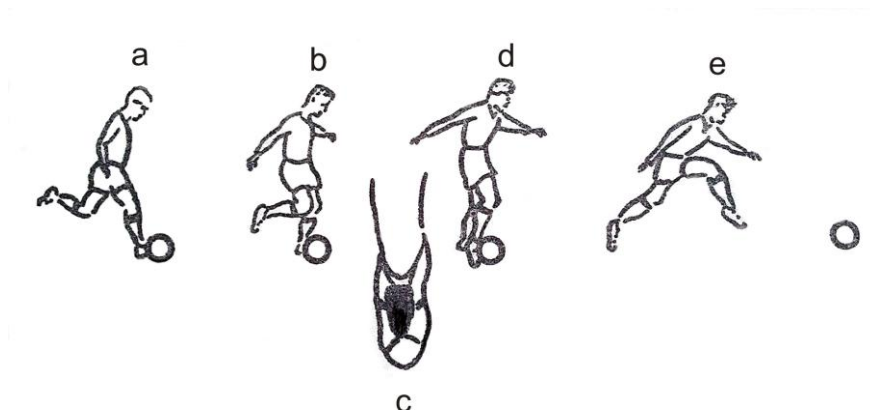
Střelbu můžeme dělit z různých hledisek:

- Podle výšky dráhy letu míče na střelbu:
 - přízemní
 - polovyskokou
 - vysokou
- Podle tvaru dráhy letu na střelbu:
 - přímou
 - obloukem
- Podle rychlosti dráhy letu na střelbu:
 - razantní
 - měkkou
- Podle části těla, kterou se střelby uskuteční:
 - nohou
 - hlavou.

Technika kopu je popsána následovně a znázorněna v obrázku 1:

- náprah je proveden v kyčli i v bérce (obr. 1a),
- stojná noha došlapuje na úroveň míče, nejvíce na šířku stopy stranou od míče,

- švih je veden z kyčelního přes kolenní kloub (Obr. 1b),
- v okamžiku úderu je špička nohy vypjata v prodloužení bérce, nárt zpevněn, koleno nad míčem, chodidlo kolmo k zemi (Obr. 1d),
- míč zasahujeme plochou, na které máme většinou šňěrování, čili přední stranou nártu (Obr. 1c),
- doprovodný pohyb nohy pokračuje ve směru odkopnutého míče (Obr. 1e).



Obrázek 1. Technika provedení kopu přímým nártem. *Zdroj:* (Ondřej, Buzek, Navara, 1972)

Střelba ze standardních situací, po vedení a po obejití soupeře je víceméně výsledkem individuálního řešení celé situace. Střelba prvním dotykem (bez přípravy) po přihrávce a po zpracování míče (druhým dotykem) je vyvrcholením kolektivního řešení herní situace. Vlastní způsob střelby po vedení míče, obejití soupeře, po zpracování míče i prvním dotykem je určen vzdáleností od branky, úhlem od branky postavením a činností brankáře i ostatních hráčů soupeře, charakterem předchozí přihrávky aj. Z větších vzdáleností od branky střílíme většinou nártovými kopy s důrazem na rychlost míče, v bezprostřední vzdálenosti od branky používáme více vnitřní strany nohy.

1.3 Kinematická analýza pohybu člověka

Pohyb člověka patří k jednomu ze základních zkoumaných směrů již stovky let. S rozvojem lidského poznání se diferenciovaly vědní obory zkoumající pohyb ve vybraném spektru problémů. Aplikací zákonů mechaniky na pohyb živých organismů se takto oddělila biomechanika, která dále zavdala vzniku moderních postupů a metod. S rozvojem záznamového média, které umožnilo zachytit sledovaný pohyb, vznikla kinematografická vyšetřovací metoda. Zmiňovaným médiem byla fotografie, poté kinematografie a později přišla videotechnika. Obrovskému posunu v této oblasti došlo také díky rozvoji výpočetní

techniky, jejíž rozvoj neustále pokračuje. Kinematografická (videografická) vyšetřovací metoda se nyní využívá v mnoha odvětvích, např. v lékařství, ergonomii, rehabilitaci, fyzioterapii, ve vrcholovém sportu (Janura, Zahálka, 2004).

Potřebujeme-li získat základní údaje o pohybu člověka, spokojíme se s prostým vizuálním zhodnocením záznamu. Laik tak odhalí nejvíce viditelné rozdíly v provedení pohybu, odborník si všimne i rozdílů menších. Avšak chceme-li daný pohyb popsat a kvantifikovat, je třeba použít vhodnou vyšetřovací metodu, v našem případě kinematografickou (videografickou) vyšetřovací metodu.

Jak uvádějí Janura a Zahálka (2004), metoda spočívá v analýze pohybu důležitých bodů, vybraných segmentů nebo celého těla na základě vyhodnocení filmového záznamu nebo videozáznamu. Na záznamu pohybové činnosti označíme body, čímž získáme souřadnice, které nám umožní určení základních kinematických veličin (dráha, úhel a jejich závislost na čase) a z nichž získáme vhodnou úpravou i další veličiny (lineární rychlost, lineární zrychlení, úhlová rychlost, úhlové zrychlení), které jsou potřebné při podrobném popisu zkoumaného pohybu (tabulka 1). Pro možnost určení polohy bodů a z ní vyplývající polohy segmentů a celého těla je tedy nezbytné definování souřadného systému. Nejčastěji používaným souřadným systémem je kartézský systém souřadnic.

Tabulka 1. Základní kinematické veličiny a jejich jednotky

Veličina	Značka	Jednotka	Značka
čas	t	sekunda	s
dráha	s	metr	m
lineární rychlost	v	metr za sekundu	m.s ⁻¹
lineární zrychlení	a	metr za sekundu na druhou	m.s ⁻²
úhel	φ	radián	rad
úhlová rychlost	ω	radián za sekundu	rad.s ⁻¹
úhlové zrychlení	ε	radián za sekundu na druhou	rad.s ⁻²

Zdroj: Janura, Zahálka, 2004

Mezi kinematické metody patří:

1. **Goniometrie** – slouží k měření relativní rotace v daném kloubu
2. **Akcelerometrie** – umožňuje měření zrychlení segmentu
3. **Stroboskopie** – vytváří pohybovou sekvenci na jednom filmovém políčku, pro zaznamenání jednotlivých fází pohybu
4. **Systémy pracující na elektromagnetickém principu** – přístrojový základ na

principu zdroj – senzor. Na těle je připevněný senzor a ve zdroji na bázi vodiče v elektromagnetickém prostředí je určována jeho poloha ve zdroji

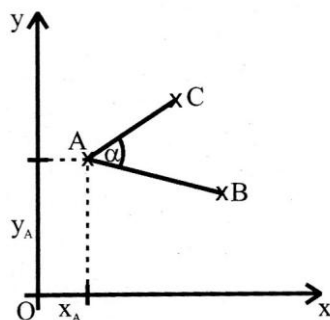
5. **Systémy využívající akustické změny** – využívají zvukový signál, na jehož záznamu je vyhodnocována poloha daného bodu
6. **Optoelektrické systémy** – využívají optické senzory pro určení souřadnic daných bodů, u kterých je pak možno určit polohu.

Kinematická (videografická) vyšetřovací metoda využívá některé postupy a metody z bodů 4 – 6, čili postupy založené na vyhodnocování filmového záznamu.

1.3.1 Rovinná 2D videoanalýza

Tato videoanalýza slouží pro vyhodnocení pohybu v rovině, která je kolmá na optickou osu kamery. Na těle člověka se pak označí vybrané body, určí se jejich rovinné souřadnice, z nichž se dále vypočítá velikost segmentů a úhel mezi nimi. K výpočtu se používají vztahy z analytické geometrie – počítání s vektory (obr. 2).

V dalších případech, kdy pohyb neprobíhá v rovině kolmé na optickou osu kamery, je také možno provést výpočet, ale získané hodnoty budou zkreslené (Janura, Zahálka, 2004).

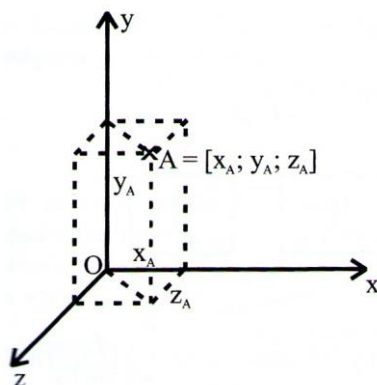


Obrázek 2. Rovinné souřadnice bodu. *Zdroj: Janura, Zahálka, 2004*

1.3.2 Prostorová 3D videoanalýza

Protože pohyb probíhá více v prostoru nežli v rovině, používáme častěji prostorovou 3D videoanalýzu. Při prostorovém znázornění musíme provést rozšíření rovinné soustavy souřadnic přidáním třetí osy z (obr. 3) k původní dvojici os x , y , čímž dojde k označení bodu A pomocí tří souřadnic a tím i jednoznačnému určení jeho polohy.

Použití videozáznamu v praxi je však složitější díky faktu, že každý trojrozměrný předmět (3D prostorový), včetně lidského těla, se při použití jednoho záznamového zařízení (jedné videokamery, fotoaparátu) zobrazí na dvojrozměrný (2D rovinný) obraz a získáme tak pouze 2D souřadnice. Chceme-li získat 3D souřadnice musíme použít nejméně dvě záznamová zařízení (Janura, Zahálka, 2004).



Obrázek 3. Prostorové souřadnice bodu. *Zdroj: Janura, Zahálka, 2004*

1.3.3 Rozmístění kamer při 3D videoanalýze

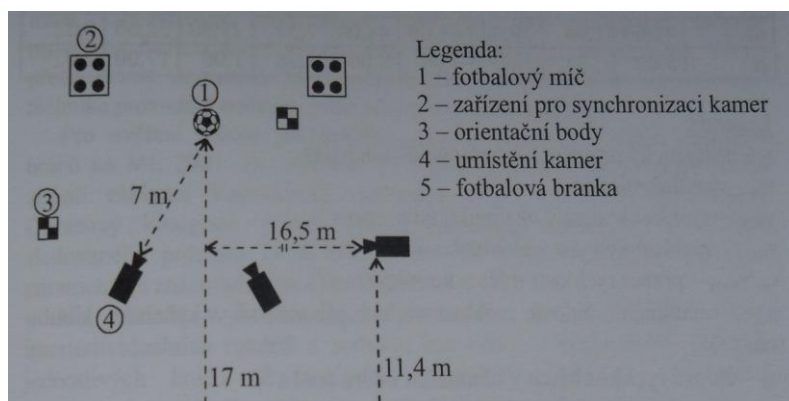
Při umisťování kamer je nutné dodržet určitá pravidla, aby došlo ke kvalitnímu zobrazení pohybové činnosti. Podle Janury a Zahálky (2004) bychom měli zvážit tyto faktory:

- vzdálenost kamery od sledovaného objektu
 - V našem případě přizpůsobit vzdálenost kamery velikosti lidského těla, abychom byli schopni rozlišit detaily pro určení požadovaných bodů.
- prostorové možnosti pro záznam pohybu
 - Pokud nám tak situace dovolí, je vhodné prohlédnout si natáčecí prostory s dostatečným předstihem pro vytvoření představy o umístění kamer a o vlastním průběhu natáčení.
- světelné podmínky
- pozadí za objektem
- vlivy počasí

Nicméně jak již bylo zmíněno, rozhodujícím kritériem při umístění kamer je požadavek pro snímání minimálně ze dvou kamer. Za nevhodné se považuje rozmístění kamer v jedné

rovině. Doporučuje se takové rozmístění, kdy úhel mezi optickými osami jednotlivých kamer svírá přibližně devadesát stupňů, či provést postavení např. ve tvaru deštníku jako na obrázku.

Abychom získali prostorové souřadnice, musíme znát alespoň dvě dvojice rovinných souřadnic tohoto bodu v daném okamžiku. Tohoto stavu docílíme synchronizací (sladěním) kamer, či pozdějším sladěním pořízených záznamů (Janura, Zahálka, 2004).



Obrázek 4: Příklad rozmístění kamer při natáčení. *Zdroj: Janura, Zahálka, 2004*

1.3.4 Vyhodnocení záznamu – určení souřadnic

Naměřená data přeneseme do počítače, abychom mohli začít s určováním obrazových souřadnic bodů. Odečet souřadnic provádíme dvěma způsoby:

- manuální metoda

Tento způsob je založen na subjektivním uvážení vyhodnocovatele, který určuje polohu vybraných bodů buď s použitím (obr. 5) nebo bez použití značek na těle sledované osoby. V případě odečtu s použitím značek je cílem operátora co nejpřesněji označit kurzorem středy značek jednotlivých bodů na monitoru. Při analýze pohybu nelze na sledovanou osobu připevnit žádné značky, musíme tedy odečet provádět bez jejich použití. Metoda je sice složitější a časově náročnější, ale dovoluje nám zadat i body, které by nebylo možno určit předchozí metodou, např. kloubní spojení, které v závislosti na poloze spojených segmentů mění střed otáčení a tak i znemožňují určení pomocí značek.



Obrázek 5 Digitalizace pořízeného záznamu. *Zdroj:* vlastní foto

- automatická metoda

Při této metodě je odečet souřadnic prováděn tzv. automatickým identifikátorem značek, tzv. vyhledávačem, který pracuje na základě světelného a především jasového kontrastu nebo kontrastu barevného. Tento způsob odečtu je velmi rychlý za současné eliminace chyb, nevýhodou však je jeho vázanost na laboratorní podmínky (Janura, Zahálka, 2004).

1.3.5 Kalibrace

Kalibrace, jeden ze základních kroků při analýze pohybu, slouží pro určení vztahů mezi skutečnými velikostmi a velikostmi získanými při záznamu. Kalibraci dělíme na:

- kalibraci prostoru

Jedná se o určení známých bodů v prostoru, majících definovanou vzdálenost. Na základě těchto bodů můžeme stanovit měřítko mezi reálnou a obrazovou soustavou souřadnic. Při provádění kalibrace využíváme různá zařízení od tyčí, prutů či řetězců zavěšených od stropu, po pevné či skládací rámy, sestavené z pevných elementů.

- kalibraci kamery

Slouží pro zjištění ovlivnění kvality vyhodnocených dat vlivem použitých přístrojů. Provádí se nalezením odchylek souřadnic vyhodnocených ze záznamu a reálnými

souřadnicemi (Janura, Zahálka, 2004).

1.3.6 Úprava a kvalita vyhodnocených dat

Číselná data, která jsou výsledkem 3D videoanalýzy, jsou během procesu zpracování ovlivněna množstvím faktorů, které mohou zkreslit výsledné hodnoty. Těmto faktorům nelze předejít ani při dodržení základních metodologických pravidel, lze je však eliminovat precizní přípravou měření a následním vyhlazením naměřených dat, které buď rušivé faktory odstranění nebo alespoň oslabí.

V praxi vzniká poměrně velké množství nepřesností, jejichž vznik bývá nejčastěji přisuzován použité technice či vyhodnocovateli. Každou takto vzniklou odchylku od reálné hodnoty nazýváme chybou (Janura, Zahálka, 2004).

1.3.7 Druhy výstupů získané zpracováním videozáznamu

Jak uvádí Janura a Zahálka (2004) zpracováním videozáznamu a jeho následnou analýzou získáme různé typy výstupů, diferencované podle různých kritérií:

- rychlost poskytnutí informace
- účel zpracování materiálu
- požadavky příjemce
- limity použitého systému

Zvážíme-li limity použitého systému, můžeme druhy výstupů diferenciovat takto:

- kinogram pohybu sestavený z vybraných poloh sledované pohybové aktivity
- kinogram pohybu získaný analýzou videozáznamu
- kinogram pohybu vybraného segmentu nebo bodu na lidském těle
- vybraná klíčová poloha nebo kinogram pohybu doplněný o číselné údaje
- číselné údaje charakterizující funkční závislost sledovaných parametrů (zpravidla na čase)
- grafické vyjádření nebo porovnání závislostí vybraných parametrů

kombinace výstupů uvedených v předchozích bodech (Janura, Zahálka, 2004).

1.4 Lateralita dolních končetin

Přednostní užívání jednoho z párových orgánů znamená, že osoba koná jisté výkony pravidelně jedním z obou orgánů lépe a raději, snáze a rychleji, než orgánem druhým. Čím více specifikovaný a jemnější je výkon, tím víc se uplatňuje vedoucí orgán, tím spíše a častěji se ho přednostně užívá (Sovák; 1962).

Na dolních končetinách jsou velice zřetelné asymetrie ve výkonu. Vystupují nápadně, zvláště ve sportu. Některý sportovec při skoku do dálky nebo do výšky se odráží pravidelně nohou pravou, jiný levou. U hráčů kopané má zjištění obratnosti nohy pro umístění hráče v sestavě, dále pro zahrávání standardních situací apod.

Morfologická nesouměrnost dolních končetin je patrna už ve fetálním stavu. A to tak, že u pravorukých je silnější nebo zdatnější opačná, tj. levá končetina. Na základě toho se v anatomické, fyziologické a antropologické literatuře dlouho udržoval názor, že vztah lateralit horních a dolních končetin je opačný nebo překřížený. Zdatnější dolní končetina bývala charakterizována jako dominantní. To se zdálo být potvrzováno také při chůzi, kdy synkinéza dolních a horních končetin je taková, že jde-li kupředu jedna noha, koná současný bezděčný pohyb vpřed paže na opačné straně těla (Drnková, Pavlíková; 1983).

Také při některých sportovních činnostech se zdá být vedoucí dolní končetina protilehlá obratnější ruce. Zaznamenávány byly testy při výskoku na síť v odbíjené, skoku do výšky nebo při odrazu skoku do dálky. Kritériem pro určení přednostní nohy se činil z tohoto hlediska odraz: při skoku do dálky, silnější odrážení při bruslení apod.

Ovšem při některých činnostech, jako je kopnutí do míče, pohánění kola šlapáním apod., je aktivnější dolní končetina na téže straně těla jako zručnější horní končetina. Ve volných činnostech a zejména ve sportovních výkonech, při nichž dolní končetiny fungují nejvíce nesouměrně a specializovaně, se ukazuje, že pohybově obratnější, šikovnější a výkonnostně přesnější nebývá zpravidla noha morfologicky zdatnější, ale právě noha druhá, většinou na téže straně těla jako obratnější ruka. Podle Drnkové a Syllabové je třeba považovat za dominantní tu dolní končetinu, která je schopna přesnějšího a obratnějšího výkonu, tedy podle téhož kritéria jako vedoucí horní končetinu.

Nesouměrná činnost dolních končetin se tedy projevuje takovou funkční specializací, že jedna z nich je zdatnější v silových výkonech, jako je odrážení se, kdežto druhá je obratnější ve výkonech vyžadujících přesnost a šikovnost při švihu. Máme tedy nohu švihovou a odrazovou. Pravonohost a levonohost lidí pak určujeme podle nohy obratnější, tedy švihové, nikoli podle dolní končetiny, kterou se odrážíme.

Harris, Sovák a Matějček&Žlab (1962) pokládají za nejspolehlivější zkoušky na zjištění takto chápané laterality dolních končetin kopnutí do míče (v našem případě kop přímým nártem), posunování kostky nohou po čáře na zemi, udupávání dohořívajícího ohníčku, zvednutí nohy co nejvýše vsedě nebo vystoupení na stoličku (vedoucí, švihová noha je ta, která jde nahoru). Při nasedání na jízdní kolo zvedá jezdec přes sedačku švihovou dolní končetinu. Pravonozí tedy naskakují zleva a levonozí zprava.

Odlišnost funkční laterality horních a dolních končetin spočívá v tom, že obratnější horní končetina je zároveň také zdatnější, silnější. Z dolních končetin je jedna obratnější a druhá zdatnější. Činnost dolních končetin není tak nesouměrná ani rozmanitá. Slouží většinou k chůzi a k běhu a při této činnosti fungují obě stejně. V daleko menší míře než horní končetiny jsou také dolní končetiny používány k práci: při zacházení s rýčem nebo lopatou, při ovládání nožních pák u strojů apod. Mimořádně velké nároky se kladou na dolní končetiny v některých sportech, zejména při skocích, gymnastice a hlavně při kopané.

Sledujeme-li fotbalový zápas, můžeme si všimnout, že někteří hráči používají přednostně jedné nohy, kdežto jiní zaměstnávají stejně obě dolní končetiny. Dovedou obratně přihrát míč spoluhráči, zpracovat přihrávku nebo vystřelit na branku pohotově stejně pravou i levou nohou. Lateralita dolních končetin určuje také, na kterém místě v mužstvu je hráč postaven. Obounohost je zde pokládána za výhodu, za větší hráčské umění. Před brankou soupeře je důležité, aby hráč co nejpohotověji vsítil gól a aby nemusel přehazovat míč na druhou nohu.

Nevíme, jaký vliv má na hráče trénink k obounohosti, ale předpokládáme, že u vyspělejších hráčů se projev laterality bude snižovat. Je však žádoucí, aby u hráčů kopané byla přesně zjištěna a změřena lateralita dolních končetin. Trenér by měl tento údaj brát v úvahu při tréninku i při obsazování jednotlivých míst v mužstvu. Je to také důležité při pozorování a střežení hráčů soupeře. Z literatury o fotbalu například víme, jak je důležité pro obránce, jestli zná, že křídlo soupeře dovede udělat kličku jen na jednu nebo na dvě strany, kterou nohou dokáže lépe odcentrovat před branku apod.

Lateralita dolních končetin je stupňovitá vlastnost a mění se od individua k individu. Přitom jedinci s určitým stupněm pravorukosti mají z 95 % také nějaký stupeň pravonohosti. U levorukých však takováto shoda není. Dost velká část pravorukých jedinců je zároveň pravonohých. Toto zjištění nepotvrzuje domněnku, že z laterality dolních končetin bychom mohli usuzovat na přecvičování horních končetin u leváků. Potvrzuje se však názor, že leváctví není prostým opakem praváctví. Levorucí mají častěji lateralizováno řízení pohybů

obratnější dolní končetiny v levém čelním mozkovém laloku. Mozková nesouměrnost a koordinace mezi hemisférami je tedy u leváků asi složitější než u praváků.

Z dosavadních poznatků o lateralitě nohou je důležité, že určování obratnější dolní končetiny lze stanovit z kopu přímým nártem a jako ukazatel vzít techniku a rychlost odkopnutého míče. Při odrazu do výšky se potom podle naměřených hodnot určuje noha odrazová, ta bývá podle Ludwiga právě laterálně překřížená, to znamená, že pravorucí se často odrážejí levou nohou a naopak (Drnková, Syllabová; 1983).

2 CÍLE PRÁCE A DÍLČÍ ÚKOLY

Hlavním cílem bakalářské práce je provést 3-D videoanalýzu vybrané pohybové činnosti ligového hráče kopané se zaměřením na rozdíly v použití preferované a nepreferované dolní končetiny.

V souvislosti se stanoveným cílem práce jsme formulovali následující úkoly práce:

1. Zjistit laterální dolních končetin u fotbalistů
2. Příprava pro filmování (kalibrace)
3. Filmování
4. Digitalizace pořízeného videozáznamu
5. Analýza výsledků a diskuze
6. Vyslovení závěrů

3 POUŽITÁ METODIKA

3.1 Kinematografická vyšetřovací metoda

Kinematická analýza sportovní motoriky poskytuje trenérům i sportovcům samotným exaktní pohled na sportovní výkon, na možnosti jeho diagnostiky a nové možnosti zvyšování úrovně výkonu a jeho součástí (zdokonalování techniky, taktiky, strategie, pohybových schopností a sociálních vlastností). Princip této metody spočívá ve vysokofrekvenčním snímání reálného pohybu, jeho transformace do digitální podoby a vytvoření tak virtuálního prostředí, ve kterém je možné přesné sledování fyzikálních parametrů (dráha/čas, rychlosti, zrychlení, úhly a matematicky odvoditelné síly), které nelze postřehnout lidskými smysly. Digitální forma záznamu pohybu umožňuje následnou simulaci pohybu, využitelnou k tvorbě optimálních variant a modelů pohybu.

Celé natáčení bylo provedeno v tělocvičně Technické univerzity v Liberci. Soubor dvou ligových hráčů měl za úkol kopat míč přímým nártem na branku s co největším úsilím. Každý z fotbalistů střílel 10 x pravou a 10 x levou nohou. Určovaný bod, ze kterého hráči odkopávali míč, ležel 8 metrů kolmo od brankové čáry. Jako první hráči kopali 10 pokusů preferovanou končetinou, která byla určena na základě ústní informace, poté stejným počtem pokusů pokračovali nepreferovanou končetinou.

Všechny pokusy byly zaznamenány pomocí tří videokamer značky JVC 357 DVL s frekvencí snímání 50 Hz. Všechny tři videokamery byly umístěné na stativu (obr. 6). Natočený záznam byl okamžitě převáděn do PC a sestřihán dle potřeby pomocí již zmíněného softwaru.



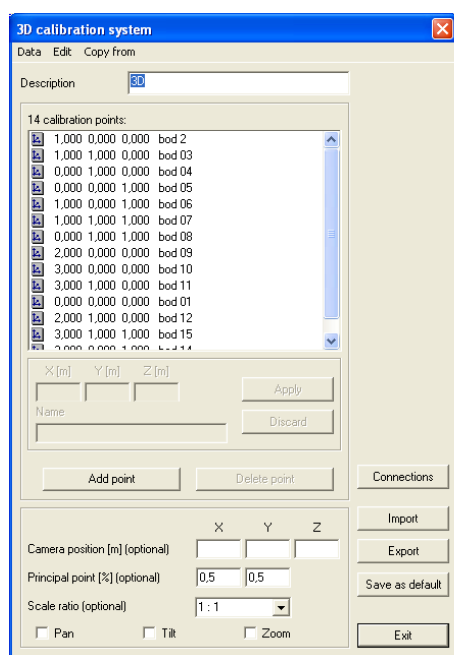
Obrázek 6. Rozmístění kamer. *Zdroj:* vlastní foto

3.2 Kalibrace prostoru

Provedení kalibrace při analýze záznamu pohybu je jedním ze základních kroků, který slouží k určení závislosti mezi skutečnými velikostmi a odpovídajícími údaji, získanými na záznamu. Napomáhá také při stanovení vlivu záznamové techniky na vznik odchylek v nasnímaném obrazu. Podstatu procesu kalibrace tedy můžeme stanovit jako určení souřadnic známých bodů v prostoru, čili bodů, jejichž vzdálenost je přesně definována a které jsou nezbytné pro stanovení měřítka mezi reálnou a obrazovou soustavu souřadnic.

Pro možnost kalibrace jsou využívána různá zařízení, která se odlišují zejména ve svých rozměrech, v počtu a tvaru bodů určených pro kalibraci a v jejich umístění. V této práci byly použity pevné rámy sestavené z pevných elementů, které se využívají zejména v laboratorních podmínkách. Jejich výhodou je vysoká stabilita při vlastním použití, nevýhodou je náročnost na prostorové podmínky. Podle svého tvaru jsou označovány jako klasické mnohostěny, nejčastěji krychle nebo kvádr. Pro naše měření jsme sestavili z tyčí dvě krychle o délce 1 metru a umístili ke kalibraci tak, že mezi nimi vznikl taktéž prostor o délce 1 metru. Tím jsme dosáhli kalibračního prostoru ve tvaru kváдру, o rozměrech 3 metry na ose X, 1 metr na ose Y a 1 metr na ose Z. Poté jsme označili všechny vrcholy jako souřadnicové body na kváдру a přiřadili jim příslušné hodnoty na osách X, Y a Z (tab. 2).

Tabulka 2. Tabulka se zadanými body na kváдру v programu SIMI Motion 3-D

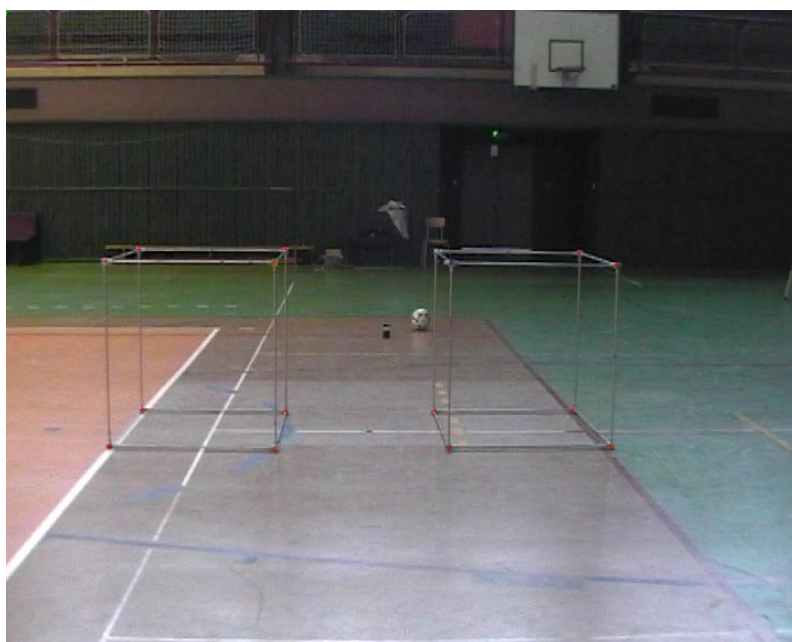


Zdroj: SIMI Motion

Obě kamery jsme synchronizovali s počítačem (obr. 6, 7). Bod, ze kterého oba fotbalisté odkopávali míč, ležel mezi kalibračními krychlemi, tím jsme zajistili snímání fotbalistů ve fázi před, během a po kopu v kalibrovaném prostoru. Jako poslední krok jsme kvádr odinstalovali a následoval samotný proces natáčení kopů.



Obrázek 7. kalibrační kvádr z přední kamery. *Zdroj: vlastní foto*



Obrázek 8. Kalibrační kvádr z boční kamery. *Zdroj: vlastní foto*

3.3 Sledovaný soubor

Sledovaný soubor této bakalářské práce tvořili dva hráči týmu FC Slovan Liberec. Oba hráči nastupují pravidelně za B-mužstvo, které hraje třetí nejvyšší soutěž v rámci celé republiky – Českou fotbalovou ligu.

Prvním z nich je Tomáš Dostálek narozený v roce 1988, v probíhající sezoně 2010/2011 nastoupil ke každému soutěžnímu utkání z pozice záložníka a zaznamenal i starty za prvoligové A-mužstvo v českém Ondrášovka cupu. Dostálek označil pravou nohu jako preferovanou dolní končetinu. Kopané se profesionálně věnuje od svých sedmi let.

Druhým ze souboru fotbalistů byl Petr Novotný, narozený v roce 1988. Stejně jako první jmenovaný nastupuje za B-mužstvo Slovanu Liberec. Probíhající sezonu odehrává z pozice krajního obránce či záložníka a nastoupil v několika utkáních českého Ondrášovka cupu za A-mužstvo v základní sestavě. I Novotný označil svou pravou nohu jako preferovanou dolní končetinu. Kopané se profesionálně věnuje od svých šesti let.

3.4 Analýza videozáznamu

Před zjišťováním potřebných hodnot a další prací se musel videozáznam upravit činnostmi na PC v prostředí softwaru SIMI Motion. Tato část práce se nazývá digitalizace.

Nejprve byl natočený materiál sestříhán podle požadované délky a synchronizován pomocí optického signálu. Pro detailní analýzu kopu přímým nártem byl stanoven začátek sledované sekvence v okamžiku pohybu stehna a bérce vzhůru při zášvihu. Záznam poté pokračoval flexí v kyčelním kloubu a pohybem stehna a bérce vpřed, dále fází až ke kontaktu míče s nohou a fází po odkopu na branku.

Celý tento sestříhaný záznam byl připraven k přiřazování bodů jednotlivým segmentům těla s tím, že označen byl vždy relativní střed otáčení jednotlivých segmentů těla a střed hlavy a míče (obr. 8). Označování bodů na těle se provádělo od prvního snímku sestříhaného záznamu, čili od zášvihu nohy až po dokončení pohybu po odkopnutí míče. Tento proces je označován jako tzv. “trekování” a jedná se o časově nejnáročnější část celé digitalizace. V tomto procesu se postupně v každém z pořízených synchronizovaných záznamů snímku přiřazují zmíněné body na příslušné místo fotbalisty. Frekvence snímání byla 50 pulsů/s.

Označované body na těle (obr. 8):

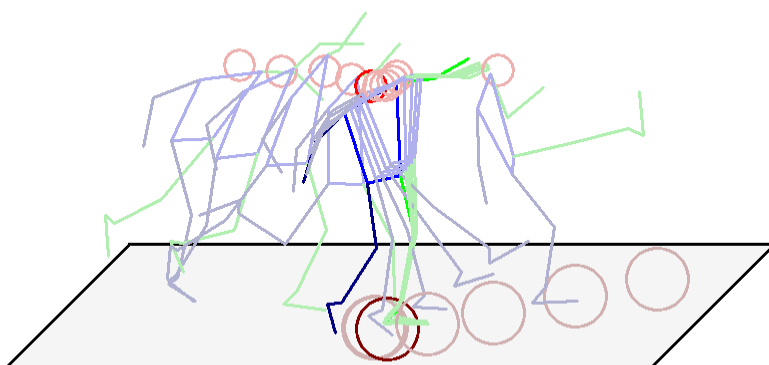
1. hlava
2. rameno (levé i pravé)
3. loket (levý i pravý)
4. zápěstí (levé i pravé)
5. kyčel (levá i pravá)
6. koleno (levé i pravé)
7. kotník (levý i pravý)
8. špička nohy (levá i pravá)
9. pata (levá i pravá)
10. míč



Obrázek 9. Digitalizace pořízeného videozáznamu.

3.5 Analýza dat

Na základě provedené digitalizace jsme vytvořili kinogramy vybrané pohybové činnosti (obr. 9). Pro jeho získání je nutné provést označení bodů na záznamu pohybu. Tento výstup slouží především trenérům pro možnost vizuálního porovnání a pro další konzultace se sportovcem. Hlavně u mladých jedinců je tímto způsobem možné upozornit na základní nedostatky a tyto chyby názorně prezentovat. Jeho pořízení je časově náročnější kvůli digitalizaci záznamu.



Obrázek 10. Kinogram kopu přímým nártem.

V poslední fázi jsme přistoupili k analýze výsledků. Bylo nutné si uvědomit, jaká data od analýzy očekáváme, zda se jedná o rychlostní, dráhová, úhlová či jiná data. My jsme se zaměřili na sledování několika veličin, které by měly potvrdit ústní informaci fotbalistů a laterální preferenci dolních končetin. Měřena byla rychlost míče v pokusech pravou i levou nohou, dále maximální úhlovou rychlost při extenzi v kyčelním kloubu, maximální rychlost kolena v průběhu kopu a úhlovou rychlost bérce v okamžiku úderu. Jako poslední atribut, na který jsme se zaměřili, byl úhel mezi stehnem a bérce při zášvih.

Sledované parametry byly zapsány do tabulky (tabulka 3) a dále zpracovány.

Tabulka 3. Sledované parametry.

Sledovaný parametr	Jednotka	Nástroj pro měření
Úhel v koleni	[°]	Simi Motion
Rychlost míče	[m/s]	
Rychlost kotníku	[m/s]	
Výška kotníku	[m]	
Úhel mezi bérce a stehnem	[°]	
Výška odrazu levou max	[cm]	Kistler deska
Výška odrazu pravou max	[cm]	
Výška odrazu pravou 50%	[cm]	
Výška odrazu levou 50%	[cm]	
Výkon u odrazů	[W/kg]	
Aritmetický průměr max pravou	[cm]	
Aritmetický průměr max levou	[cm]	
Aritmetický průměr 50% pravou	[cm]	
Aritmetický průměr 50% levou	[cm]	
Směrodatná odchylka max pravou	[cm]	
Směrodatná odchylka max levou	[cm]	

Analýze v rámci předkládané bakalářské práce jsme podrobili celkem 4 náhodně vybrané pokusy. Určeny byly ovšem takové kopy, aby proběhla analýza u obou fotbalistů v provedení levou i pravou dolní končetinou.

Analýza ostatních pokusů bude předmětem další (diplomové) práce.

3.6 Lateralita dolních končetin

Lateralita dolních končetin byla předmětem širokých zkoumání. Existuje totiž švihová a odrazová dolní končetina. Určit dominantní dolní končetinu není tedy tak snadné jako u horních končetin, kde je dominance jedné paže naprosto zřejmá v mnoha činnostech. U dolních končetin je švihová noha určována právě jako dominantní. Vlastností dominantní dolní končetiny je hlavně lepší koordinace a šikovnost. Pokud by si měl cvičenec vybrat, kterou nohou by např. posunul nějaký předmět po čáře, potom by vybral právě švihovou dolní končetinu. Odrazová je potom ta dolní končetina, kterou se cvičenec odráží při skoku do výšky, do dálky a podobné činnosti a je zpravidla silnější.

V této práci jsme testovali dvojici vybraných fotbalistů FC Slovan Liberec, na odrazové Kistler desce (obr. 11). Zaměřili jsme se na sílu a výšku odrazu za účelem stanovení laterální dominance u dolních končetin. Podle studované a uvedené literatury v náležité kapitole byl předpoklad takový, že odraz do výšky bude markantnější z odrazové nohy, tudíž z nohy, která není dominantní. Naopak menší a slabší odraz by měl být z nohy švihové a vedoucí, to znamená z nohy dominantní. Pokud tedy první fotbalista určil jako dominantní dolní končetinu pravou, odraz by měl mít silnější z levé nohy. Ten samý předpoklad platil i pro druhého fotbalistu, který také určil jako dominantní pravou dolní končetinu.



Obrázek 11. Dostálek při skocích na Kistler desce.

Měření se skládalo ze tří výskoků z maximálního odrazu z pravé nohy s rukama předpažmo, poté tři pokusy z maximálního výskoku z levé nohy. Pokračovalo se třemi

výskoky s odhadem 50 % maximálního úsilí z pravé a poté z levé nohy. Ukončení testu proběhlo maximálním odrazem z obou nohou. V tabulkách 4, 5, 6 a 7 jsou uvedeny naměřené hodnoty na desce Kistler. Ukazatelem laterální preference by přitom měla být výška výskoku. V prvním sloupci je zaznamenána výška výskoku v centimetrech. Druhý sloupec v tabulce popisuje, jakým tlakem přepočítaným na centimetry cvičenec dopadl na desku. Ve třetím sloupci je potom změřen výkon v jednotkách Watt/kg tělesné hmotnosti.

Toto měření je ovlivněno chybami. Každý skok znamená originální a neopakovatelné hodnoty. Zejména pokud fotbalisté odhadují polovinu odrazového maxima. Proto se některé hodnoty vymykaly tak výrazně, že se je nedalo zařadit do výpočtů.

Tabulka 4: Naměřené hodnoty prvního fotbalisty Tomáše Dostálka na desce Kistler

úsilí	D. končetina	výška [cm]	dopad [cm]	Výkon [W/kg]
100%	Pravá	26,7	-19,9	15,2
	Pravá	28,2	-19	14,1
	Pravá	33,8	-20,7	17,4
	Levá	34,2	-20,2	16,2
	Levá	36,3	-22,5	15,8
	Levá	33,9	-23,4	15,6
Odhad 50%	Pravá	24,4	-12,7	12
	Pravá	20,3	-14,5	13,7
	Pravá	21,5	-16	12,9
	Levá	20,1	-14,2	12,7
	Levá	20,9	-14,4	10,8
	Levá	18,4	-16	12,3
100%	Obě	54,6	1,7	15,9

Zdroj: Příloha 1

Z výsledků naměřených v tabulce 4 je zřetelné, že dominantní dolní končetina fotbalisty je pravá. Při maximálním úsilí pravou dolní končetinou první fotbalista neskočil ani jeden pokus výš, než všechny pokusy levou nohou. Pouze jedním pokusem se přiblížil hodnotám levé nohy, ovšem ani zde nepřesáhl jedinou naměřenou výšku odrazové končetiny, která byla na základě těchto hodnot stanovena právě jako levá. Průměrná výška při maximálním úsilí ze třech pokusů pravou nohou je 29,6 cm. Naproti tomu průměrná výška naskákaná levou dolní končetinou byla vypočítána na 34,8 cm, což potvrzuje skutečnost o švihové a odrazové dolní končetině. U odhadu 50% maximálního odrazu už se tyto skutečnosti nepotvrzují. Naopak hodnoty odrazové končetiny nepřevyšují hodnoty naměřené

pro švihovou nohu. Tyto hodnoty můžeme sledovat v tabulce 5. Důvody musíme hledat pouze v nepřesnosti fotbalisty u odhadu polovičního úsilí u výskoků. Oba cvičenci podstoupili takovýto test poprvé.

Tabulka 5. Vypočítané parametry odrazů

Parametr	[cm]
Aritmetický průměr max pravou	29,6
Aritmetický průměr max levou	34,8
Aritmetický průměr 50% pravou	22,1
Aritmetický průměr 50% levou	19,8
Směrodatná odchylka max pravou	2,75
Směrodatná odchylka max levou	1,07

Hodnoty druhého fotbalisty jsou zaznamenány v tabulce 6, dále v tabulce 7 jsou hodnoty vypočítané na základě naskákaných pokusů.

Tabulka 6. Naměřené hodnoty druhého fotbalisty Petra Novotného na desce Kistler

úsilí	D. končetina	výška [cm]	dopad [cm]	Výkon [W/kg]
100%	Pravá	29	-19,3	12,9
	Pravá	31,3	-19,3	14,1
	Pravá	30,5	-17,2	15,5
	Levá	31,4	-14,1	13,3
	Levá	30,6	-21	16
	Levá	31,7	-18,9	16,4
Odhad 50%	Pravá	16,1	-14,4	11
	Pravá	21,6	-15,4	13,1
	Pravá	23,5	-18,5	13,7
	Levá	24,6	-22,1	15
	Levá	24,8	-16,2	13,4
	Levá	25,7	-18,6	11,8
100%	Obě	23,5	-14,8	10,8

Zdroj: Příloha 1

Novotný tak jednoznačné výsledky nemá. Z výpočtu byl zjištěn průměr u maximálního úsilí při výskoku pravou nohou 30,3 cm. Následně průměr výskoků s maximálním úsilím u levé nohy byl vypočítán na 31,2 cm. To znamená rozdíl pouhých

0,9 cm. Přesto můžeme na základě naměřených hodnot stanovit jako dominantní a švihovou dolní končetinu pravou a levou dolní končetinu jako odrazovou. Hodnoty jsou vypočítány a zaznamenány v tabulce 7.

Tabulka 7. Vypočítané parametry odrazů druhého fotbalisty

Parametr	[cm]
Aritmetický průměr max pravou	30,3
Aritmetický průměr max levou	31,2
Aritmetický průměr 50% pravou	20,4
Aritmetický průměr 50% levou	25,1
Směrodatná odchylka max pravou	0,95
Směrodatná odchylka max levou	0,47

U Novotného jsou na rozdíl od Dostálka mnohem více vykazující hodnoty pro odhad polovičního úsilí. Pro pravou nohu byly naměřeny hodnoty, jejichž průměr je 20,4 cm. Pro levou nohu je ze tří pokusů průměr stanoven na 25,0 cm. To znamená markantnější rozdíl, než u maximálního úsilí.

Při naší snaze o určení preference dolních končetin u obou fotbalistů je nutné vzít také v úvahu, že jsme šetření prováděli pouze u třech pokusů, což není dostatečné pro ověření našich předpokladů.

3.7 Analýza kopu přímým nártem

3.7.1 Analýza techniky kopu přímým nártem

Provedení každého pokusu bylo zaznamenáno. Na levou i pravou stranu bylo provedeno deset pokusů. Z těchto záznamů byl vybrán vždy jeden kop pravou nohou a jeden kop levou dolní končetinou. Pokusy budou v této práci popsány a jejich proměnné porovnávány.

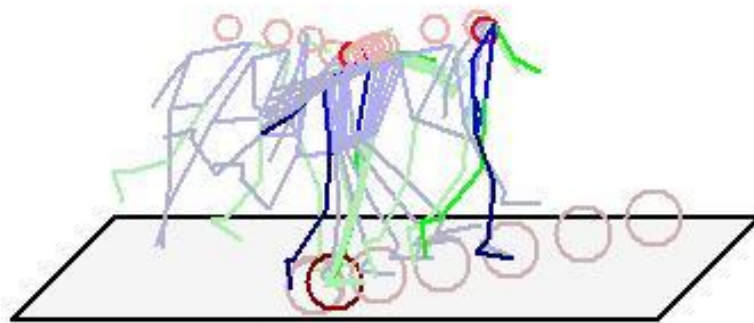
Výchozí pozice u kopu přímým nártem pravou nohou je podle obrázku 12 z mírného předklonu. Pohyb levé nohy (modrá barva) směřuje k míči a dopadá až v jeho úrovni tak, že levé chodidlo a míč jsou v jedné rovině. Pohyb pravé nohy (zelená barva) je veden do zášvihů v bérce i v kyčli do takové polohy, že bérce a stehno svírají ostrý úhel kolem 70° .

Druhou fází je pohyb celého segmentu pravé dolní končetiny vpřed. Pohyb vychází z kyčelního kloubu do stehna, které nabírá úhlovou rychlost a přenáší se do bérce. V okamžiku spuštění pohybu stehna se následně spouští i pohyb bérce, který je několikanásobně rychlejší. Ostrý úhel mezi stehnem a bérce se prudce zvětšuje a probíhá transfer mezi úhlovou rychlostí stehna a úhlovou rychlostí bérce. Pohyb v této fázi pokračuje až do dotyku přímého nártu s míčem.

Třetí fází zahajuje dotyk nártu s míčem a jeho uvedení do pohybu. Jak můžeme zpozorovat na obrázku níže poloha těla fotbalisty je v této fázi téměř vodorovná, pouze nepatrně v předklonu. Tato poloha je klíčová pro udělení správného směru a rychlosti míče. Chodidlo se v tuto chvíli v ideálním případě stane prodloužením bérce, tím pádem svírají tyto dva segmenty úhel téměř 180° . Úhel spodní strany chodidla (podrážky boty) s vodorovným povrchem se přitom přibližuje 90° . Jedná se o nejčastější chybu, neboť amatérští fotbalisté často provádějí tuto fázi z mírného záklonu a dosáhnou tak nežádané výšky odkopu. Proto vidíme v nižších soutěžích časté nepřesnosti v podobě přestřelení branky nebo ošizení vzdálenosti odkopu míče z důvodu jeho zbytečné výšky. V důsledku záklonu se zmenšuje úhel mezi podrážkou kopačky a povrchem, tím dochází k ošizení rychlosti míče a zároveň k jeho mírnému podebrání a růstu výšky. Čili úhel mezi rovinou spodní strany chodidla a vodorovným povrchem je hlavní příčinou rozebírané chyby.

Čtvrtou fází končí celý cyklus. Je to fáze, ve které pokračuje pravá dolní končetina v pohybu za míčem. Úhel v kolenní zůstává mírně pod 180° , ale celá končetina směřuje vzhůru. Zároveň se dostává do pohybu vpřed celé tělo. Levá noha se mírně odráží ve směru

pohybu těla a do mírného poskoku, ve kterém probíhá bezoporová fáze pohybu. Celá akce končí dopadem obou dolních končetin na podložku.



Obrázek 12. Kop přímým nártem pravou nohou.

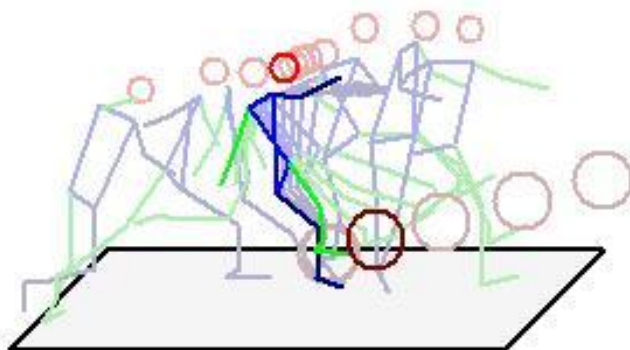
Kop přímým nártem levou nohou se skládá ze stejných fází jako pravou nohou. Existují ovšem rozdíly mezi technickým provedením oběma nohama.

Výchozí pozice je také z mírného předklonu. Na obrázku (obr. 12) vidíme pohled z boku. Levá noha je znázorněna zelenou barvou, pravá potom modrou. V pokusu, v tomto případě fotbalistovou nepreferovanou nohou, jsou zaznamenány dvě hlavní chyby. První z nich je patrná hned v úvodní fázi, ve které nedosahuje zášvih bérce vzhledem ke stehnu takového rázu jako u preferované končetiny. Stehno a bérce v tomto případě svírají téměř pravý úhel.

Druhou chybu nalezneme na přechodu druhé a třetí fáze. Jedná se o úhel v kotníku, který při porovnání obrázku 12 a obrázku 13, není tak markantní, že by chodidlo bylo v prodloužení bérce.

Důležitým parametrem kvality kopu je také pohyb kyčlí. Z obou zmíněných obrázků lze vyčíst jejich trajektorie. Až do okamžiku kontaktu kopající nohy s míčem je váha těla na stejné dolní končetině a celé tělo je vykloněno směrem vlevo (zejména kvůli obloukovému náběhu k míči), kopeme-li pravou nohou a naopak. V případě kopu pravou nohou je tedy levá kyčel až do okamžiku úderu stále níž než pravá. Po provedení kopu a odletu míče se tento

proces otáčí a v bezoporové fázi před dopadem na podložku je výše položený levý kyčelní kloub. Vyklonění těla se tedy také přenesse na druhou stranu, v tomto případě na pravou. Celý tento pohyb těla z levé strany na pravou je důsledkem švihů pravé dolní končetiny.



Obrázek 13. Kop přímým nártem levou nohou.

3.7.2 Úhel mezi zadní stranou bérce a stehna kopající dolní končetiny

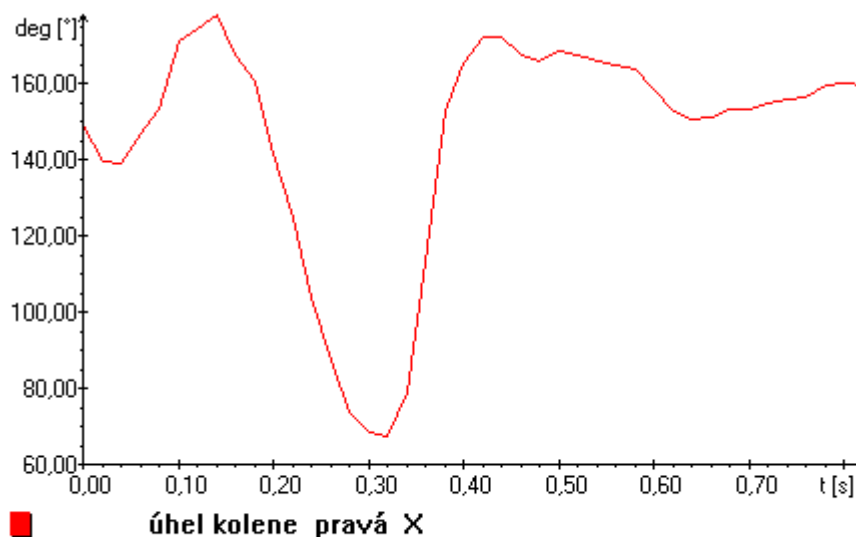
Jedná se o úhel sevřený na zadní straně kolena, který svírá zadní strana stehna a bérce, dále jen úhel α . Průběh velikosti tohoto úhlu je klíčový pro udělení maximální rychlosti míči. Proto je velice důležité analyzovat jeho rozsah a vliv na provedení kopu. Existují rozdíly v provedení pravou a levou dolní končetinou a v této analýze jsou rozdíly u vybraných pokusů fotbalisty Novotného vysvětleny.

V příloženém grafu níže (obr. 14) je záznam průběhu analyzovaného úhlu v čase u pravé nohy. Začátek pohybu je zachycen v čase 0 s. V tomto okamžiku probíhá odraz z pravé nohy na levou, která je po odrazu napnutá a svírá úhel téměř 180° . Tento pohyb probíhá v rámci rozběhu na míč a pokračuje v pohybu do zášvihu. V současné chvíli levá noha pokračuje v náběhu a vykoná jeden celý krok a dopadne v čase 0,30 s vedle stojícího míče. V tomto okamžiku je celá váha těla na levé noze, pravá noha je v maximálním zášvihu a úhel α se mění v ostrý a svírá kolem 70° .

V následující fázi, mezi časem 0,30 – 0,40 s, dochází k rapidnímu nárůstu úhlu α . Příčinou je pohyb pravé dolní končetiny. Pohyb vychází z kyčelního kloubu a přenesen přes stehno do bérce a kotníku. Přitom rychlost, s jakou se zvětšuje svíraný úhel, úměrně

souvisí s rychlostí, kterou míči fotbalista udělí. Ke kontaktu s míčem dochází v čase 0,40s. To znamená, že za dobu 0,1s se úhel α změní ze 70° na téměř 180° .

Po úderu stehno a bérce zůstávají téměř napnuté, svírající tupý úhel 150° až 170° a dolní končetina pouze pokračuje ve švih směrem vzhůru.



Obrázek 14. Průběh úhlu v pravém koleni

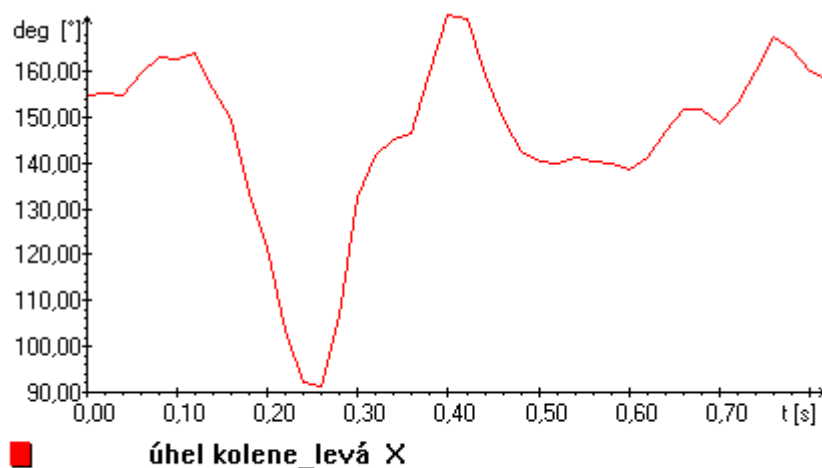
Pro tento úhel při kopu levou nohou platí stejný postup jako při kopu pravou nohou. Výchozí pozice začíná odrazem z levé nohy v rámci náběhu na míč se současným provedením jednoho kroku pravé nohy ukončený dopadem chodidla vedle míče.

Výrazná změna v provedení levou dolní končetinou přichází ve druhé fázi při zášvihu. Pokud porovnáme graf na obr. 14 a 15, je jasně zřetelné, že zásvih levou nohou je výrazně menší než pravou. Levá noha při zášvihu stehna a bérce dosáhne maximálního úhlu okolo 90° . Pokud tedy pravá dolní končetina dosáhla při zášvihu ostrého úhlu 70° , vznikl v tomto ohledu rozdíl mezi oběma končetinami 20° , který ovlivní průběh kopu a udělení rychlosti míči. Tím, že levá dolní končetina dosáhne menšího zášvihu, si zkrátí obloukovou dráhu, po které se noha pohybuje směrem k míči a transfer energie mezi nártem a míčem není v důsledku menší rychlosti celé levé nohy tak účinný, jako při pokusu pravou nohou.

Druhým rozdílem, který je přímo související s rozdílem rychlosti u levé a pravé dolní končetiny je časový úsek ve fázi švihu vpřed. U pravé dochází k maximálnímu zášvihu v čase 0,30s a ke kontaktu s míčem následně v čase 0,40 s. Naproti tomu při pokusu levou nohou je zaznamenán maximální úhel 90° při zášvihu v polovině časového úseku mezi 0,20 s a 0,30 s.

Ke kontaktu s míčem také dochází v čase 0,40 s. Z toho vychází rozdíl mezi časovým provedením u obou končetin. Nejenže tedy levá dolní končetina nedosáhla takového zášvihu, ale ještě byl proveden švih směrem k míči v delším časovém úseku. Matematicky tedy vychází kop pravou dolní končetinou s vyšší výslednou rychlostí. V předešlých analýzách bylo ovšem prokázáno, že na transferu rychlosti má vliv také poloha chodidla vzhledem k míči, která může veškerou nabranou rychlost pozbyt.

Fáze po maximálním zášvihu se stává opět totožná jako při kopu pravou nohou. Celý segment se pohybuje směrem vpřed po obloukové dráze, úhel α se otevírá až téměř do 180° a v čase 0,40 s proběhne kontakt nártu s míčem. Poté mírně pokrčená svírající úhel okolo $140^\circ - 180^\circ$ pokračuje v pohybu vpřed ve směru letu míče.



Obrázek 15 Průběh úhlu v levém koleni

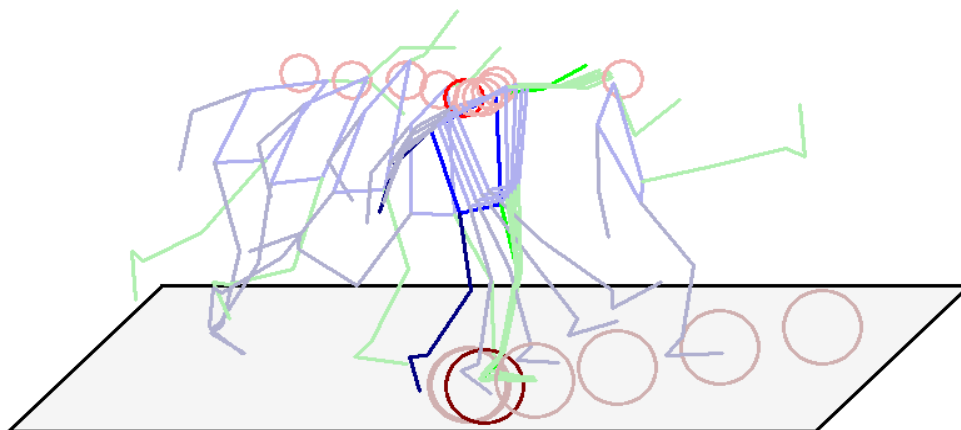
3.8 Pohyb kotníku v průběhu kopu

3.8.1 Popis poloh

Pohyb kotníku ovlivňuje provedení kopu až v samém závěru, kdy dochází ke kontaktu nohy s míčem. Na obrázku níže můžeme pozorovat změny poloh (obr. 16). Jeho výchozí poloha při zášvihu, se odvíjí od odrazu z kopající nohy (na obrázku vyznačené modrou barvou), začátek je tedy stejný jako při normálním běhu. Úhel mezi nártem a bérce se blíží 90° , postupně s pohybem končetiny směrem vzhůru a vzad se tento úhel otevírá a mění se ve výrazně tupý. Takto otevřený zůstává až do maximálního zášvihu a tuto pozici drží

až do zpětného pohybu bérce vpřed, až do kontaktu s míčem. V okamžiku úderu tedy zastává polohu v neúplném prodloužení bérce. Po odkopu se tento úhel opět zavírá paralelně s pohybem celé končetiny, která pokračuje ve švihu směrem za letícím míčem a dosahuje opět hodnot okolo 90°.

Analýza pohybu kotníku je důležitá především kvůli jeho vlivu na výšku a míru transferu rychlosti z nohy na míč. Pokud se analyzovaný úhel zavírá a nárt není tak vykloněný, dochází k podebrání míče a nabrání větší výšky na úkor jeho rychlosti. Technicky správně je tedy zasáhnout míč v pozici nártu v prodloužení bérce a zasáhnout ho tak celou plochou nártu.

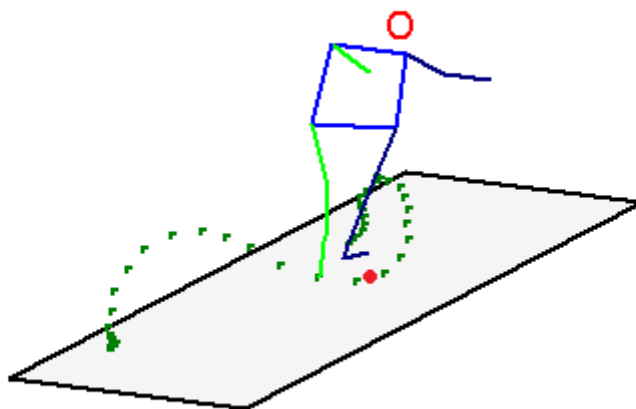


Obrázek 16. Polohy kotníku při kopu přímým nártem.

Na obrázku 17 je zaznamenána trajektorie kotníku ve 3D prostředí. Střed projekce leží šikmo za hráčem, díváme se tedy na jeho zadní stranu těla po dokončení kopu. Červená značka označuje místo kontaktu nohy s míčem. Toto prostředí nám umožňuje upozorovat, že pohyb vpřed není prováděn po pomyslné přímce osy X, ale je značně zakřiven i ve směru osy Y a Z.

Do okamžiku úderu zelené značení vykresluje pohyb nohy v zášvihu a švihu vpřed s posunem do pravé strany. Tento posun má svou příčinu v dopadu levé nohy vedle míče a náklonu těla do levé strany, tím se trajektorie pravé nohy začne pohybovat po obloukové

dráze vpřed. Po kontaktu s míčem pravá noha pokračovala ve švihů a těžiště se přesouvalo zpět doprostřed těla, s výsledným rozložením váhy na obě nohy. Proto vede směr oblouku zpět do levé strany.



Obrázek 17. Trajektorie kotníku.

3.8.2 Posun kotníku v čase

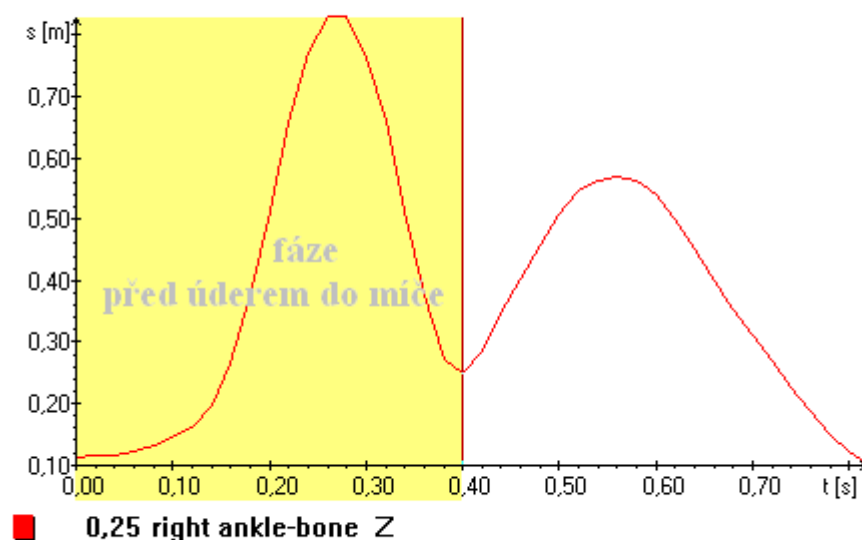
Tato analýza se týká trajektorie kotníku v časové ose, ve které probíhal vybraný pokus kopu přímým nártem. Na grafu (obr. 18) je znázorněn průběh výšky kotníku, kterou nabral po dobu zkoumaného pokusu. Analyzován je pravý kotník.

Ve výchozí pozici v čase 0 s prochází pravá noha odrazem na levou. Jak je na grafu zřetelné, výška kotníku poté prudce a rychle stoupá, jedná se o zášvih před samotným úderem. Maximální výšky dosáhne v rámci celého cyklu právě v tomto zášvihů po dokončení pohybu vzad stehna. Poté pokračuje tento pohyb v bérce, podle grafu je pohyb těchto dvou segmentů tak plynulý, že není zaznamenáno narušení tempa nárůstu výšky a graf směrem vzhůru drží exponenciální tvar. Maximální výšky před úderem nabírá v tomto pokusu kotník okolo času 0,25s a dosáhne výšky mezi 0,80 – 0,90 m. Levá noha v tuto chvíli dopadá vedle míče a celá váha těla leží na ní.

Ve druhé fázi se pozice kotníku výrazně mění. Pohyb pravé nohy je popsán jako pohyb celého segmentu dolní končetiny vpřed. Pohyb vychází z kyčelního kloubu do stehna, které nabírá úhlovou rychlost a přenáší se do bérce. V okamžiku spuštění pohybu stehna se následně spouští i pohyb bérce, který je několikanásobně rychlejší. Ostrý úhel mezi stehnem a bérce se prudce zvětšuje a probíhá transfer mezi úhlovou rychlostí stehna a úhlovou rychlostí bérce. Pohyb v této fázi pokračuje až do dotyku přímého nártu s míčem.

V této fázi tedy i kotník prudce klesá za účelem kontaktu nohy s míčem. K úderu dochází ve vyznačeném čase 0,40 s. V tuto chvíli je na kotník vyvinut největší tlak, díky zpětné reakci míče. Nachází se ve výšce okolo 25 cm. Poloha celého těla je v tuto chvíli v náklonu do levé strany.

Po dokončení kopu je opět nabírána volnějším tempem výška. Jedná se o pokračování švihů nohy ve směru odkopnutého míče. Pokud tedy byl kotník v první polovině grafu do dotyku s míčem za tělem, nyní je v pohybu vzhůru před tělem fotbalisty. Poslední změnou v grafu ke klesání kotníku a celé nohy zpět na podložku a ukončení pokusu.



Obrázek 18. Posun kotníku v čase

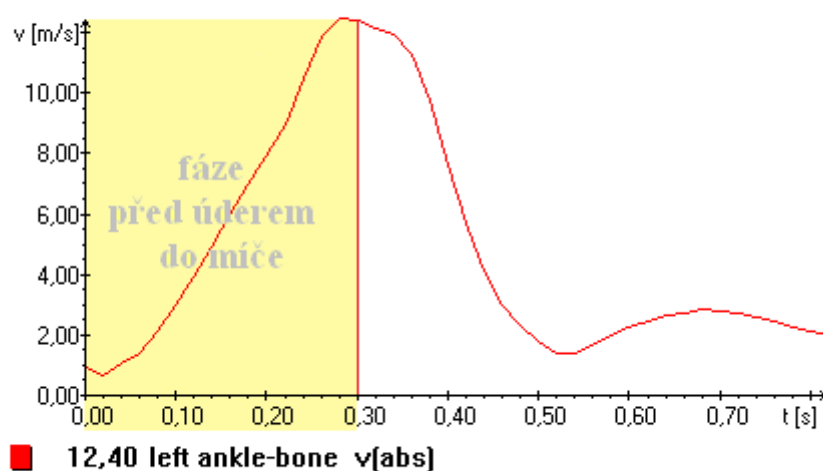
3.8.3 Rychlost kotníku

Rychlost kotníku je sledována pouze ve fázi spuštění nohy do švihů, úderu do míče a fázi po kontaktu s míčem. Změny rychlosti kotníku v průběhu kopu jsou zaznamenány v přiloženém grafu níže (obr. 19).

Sledovanou pasáž tedy můžeme rozdělit na dvě části, z nichž první je v grafu vyznačená barevně a slovně popsána. Jedná se o část úseku před úderem do míče. Kotník v této fázi lineárně nabírá rychlost. Pokud tedy podle znázorněného grafu určíme počáteční

rychlost okolo 1 m/s v čase 0 s, nabere rychlost, ve které dojde ke kontaktu s míčem za 0,30 s. Maximální rychlost, kterou dosáhne, se pohybuje okolo 11 m/s (přibližně 40 km/h). Pokud tedy rychlost narůstá lineárně, můžeme vypočítat zrychlení kotníku, jehož hodnota byla vypočítána na 33,4 m/s².

Po kontaktu s míčem rychlost prudce klesá. Noha stoupá vzhůru a ztrácí rychlost. Porovnáme-li graf na obrázku 18 a 19, zjistíme souvislosti mezi výškou a rychlostí kotníku. Tyto skutečnosti jsou již slovně analyzovány v předchozích kapitolách, ale na obou grafech jsou tyto analýzy potvrzeny graficky. Na obrázku 18 je sice zaznamenán pohyb pravého kotníku a na obrázku 19 levého, tyto pravidla jsou ovšem stejné pro obě nohy. Na obrázku 18 tedy vidíme vyznačený dotyk s míčem v čase 0,40 s a výška kotníku je v tomto okamžiku nejnižší v rámci švihů končetiny vpřed. Na obrázku 19 dochází ke kontaktu s míčem v čase 0,40 s a rychlost dosažená v tomto čase je ve svém maximu. Kdybychom spojili oba tyto grafy dohromady, amplitudy obou hodnot (výšky a rychlosti kotníku) by byly protichůdné.



Obrázek 19. Rychlost kotníku levé dolní končetiny

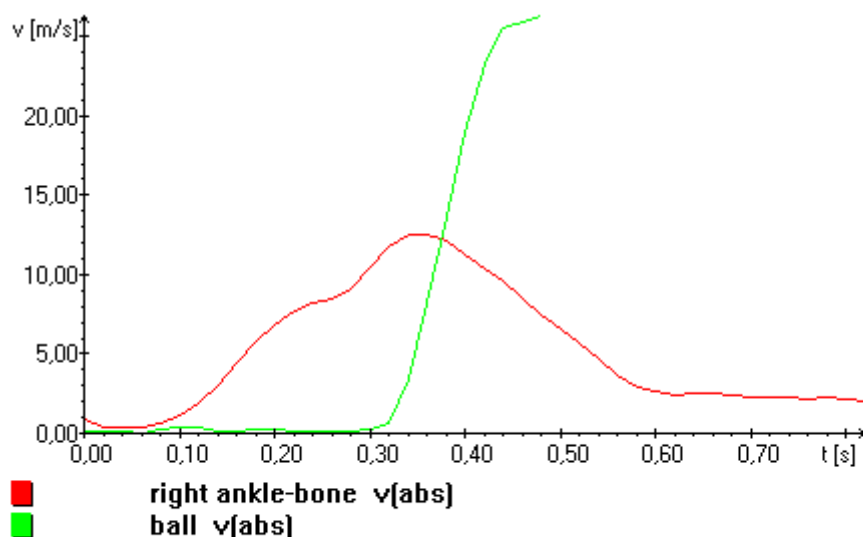
3.8.4 Rychlost kotníku a míče

V předchozí kapitole byla provedena analýza rychlosti kotníku. Nyní bude slovně a graficky popsána reakce mezi rychlostí kotníku a míče.

V minulé kapitole byl analyzován levý kotník, v tomto případě je rozebírán pohyb pravého kotníku. Fáze, ve kterých se jeho pohyb odehrává, jsou ovšem totožné. Červená linie

v grafu značí průběh rychlosti kotníku, zelená potom rychlost míče. Od začátku linie rychlosti kotníku vzrůstá, dolní končetina je v pohybu vpřed. V okamžiku, kdy dosáhne kotník maxima své rychlosti, dochází ke kontaktu s míčem. Graficky je tento okamžik zaznamenán po čase 0,30 s, kdy se začíná prudce zvedat zelená linie, míč tedy přebírá rychlost kotníku a začíná se pohybovat. Rychlost kotníku se po úderu do míče začíná zpomalovat. Pravá dolní končetina pokračuje ve svém setrvačném pohybu vpřed ve švihy za míčem.

Velice důležitý moment je kontakt kotníku a míče. Kotník v tomto okamžiku dosahuje maxima své rychlosti a přenáší ji na míč. Podle zákona akce a reakce se kotník po úderu zpomaluje, reakce míče je jeho prudké zrychlení.



Obrázek 20. Rychlost kotníku a míče

3.9 Rychlost míče

Rychlost míče je po celé analýze provedení kopu přímým nártem nejdůležitějším a výsledným parametrem, který je v této práci sledován. Podle Sováka bylo v kapitolách o lateralitě dolních končetin zmíněno, že k prokázání preference dominantní končetiny je spolehlivým testem právě kop do míče, tedy i kop přímým nártem. V níže uvedených tabulkách 8 a 9 jsou uvedeny rychlosti míče u vybraných pokusů obou fotbalistů. Vždy jeden pokus pravou a jeden levou nohou.

Hodnoty v tabulkách nejsou přesné. Jsou ovlivněny chybami. Primární chybu musíme hledat již při samotném natáčení, kdy kamera ostře nezachytila přesně letící míč, na to navazuje sekundární chyba při trekování záznamu, kdy nebylo možné přesně označit letící míč. Na snímcích videozáznamu byl rozmazaný. Byl tedy určen prostředek rozmazaného obrazu míče jako místo, které bude označováno na všech snímcích, aby se tato chyba minimalizovala. Hodnoty v tabulkách jsou tedy pouze orientační, podrobné zkoumání rychlosti míče u většího souboru fotbalistů bude předmětem diplomové práce.

V tab. 8 jsou hodnoty rychlosti v jednotkách m/s u fotbalisty Novotného. Pravou nohou provedl kop se změřenou rychlostí míče 26,31 m/s, naproti levou nohou provedl pokus s vyšší rychlostí 29,12 m/s. Novotný určil jako svou preferovanou dolní končetinu pravou, měl by tedy provést kop s větší rychlostí právě touto nohou. Může existovat několik důvodů, proč ve vybraném pokusu dosáhl vyšší rychlosti u levé nohy. Jedním z nich je jednoduše nezvykle vydařený pokus levou nohou nebo naopak nevydařený pokus pravou. Není nic neobvyklého, že fotbalista nezasáhne míč správně a důsledky jsou potom zřejmé jako u rychlosti, tak u směru míče. Dále mohl být vybrán nevhodný pokus k měření nebo fotbalista dosáhl takového stupně trénovanosti, že je schopný v některých pokusech překonat rychlost udělenou dominantní končetinou. Důležitý je ovšem fakt, že sám fotbalista ústně označil pravou nohu jako dominantní a toto tvrzení se potvrdilo při výskocích na Kistler desce, kde dosahoval předpovídaných výsledků.

Tabulka 8: Rychlost míče prvního fotbalisty

Novotný	v [m/s]
Pravá	26,31
Levá	29,12

V tab. 9 jsou uvedeny hodnoty rychlosti míče u vybraných pokusů Dostálka. V kopu pravou nohou dosáhl rychlosti 27,11 m/s. Kopem levou dolní končetinou poslal míč na branku s rychlostí 23,83 m/s. Dostálek označil svou pravou nohu jako dominantní. Podle naměřených rychlostí se tyto předpoklady potvrzují. U tohoto fotbalisty se laterální preference dolních končetin tímto testem potvrdila.

Tabulka 9: Rychlost míče druhého fotbalisty

Dostálek	v [m/s]
Pravá	27,11
Levá	23,83

3.10 Diskuze

V této práci byl analyzován kop přímým nártem pravou a levou dolní končetinou. Tyto kopy byly sledovány u dvou fotbalistů. Abychom mohli přesně potvrdit teoretická východiska této práce, museli bychom použít početnější soubor cvičenců z různých úrovní. Fotbalisté na úrovni zkoumaného souboru jsou často schopni vykonat pohyb nepreferovanou dolní končetinou lépe, než zněly předpoklady. U amatérského hráče by se tato skutečnost neměla objevovat. Oba hráči také odmala trénují v prostředí jediného fotbalového klubu. Přes skutečnost, že tento klub je na republikové špičce, pro střelbu existuje mnoho tréninkových variant a není vyloučeno, že v jiném elitním klubu probíhá trénování střelby odlišnými metodami a technika hráčů se proto může, byť minimálně, lišit. Dalším faktem je, že v dnešní době, kdy jsou kopačky i míče vyráběny podle nejnovějších technologií, obouvají jiné kopačky záložníci, brankáři, útočníci nebo třeba exekutoři standardních situací. Také každý míč má své specifické chování. Všechna tato fakta vedou k individuálnímu pojetí při zakončování nebo zahrávání standardních situací a hráč potom získává vlastní „rukopis“ střelby. V tom případě by pro tuto práci byli ku prospěchu i profesionální hráči z jiných klubů. Dále by muselo být provedeno mnohem více kinematických analýz a natřekováno více pokusů u každého fotbalisty. Práce by teda obsahovala obrovské množství dat.

Dalším bodem jsou odchylky, kterými je práce ovlivněna. Chybami jsou výsledné analýzy ovlivněny již od samého začátku, kdy při natáčení nezachytila kamera úplně ostrý obraz letícího míče a nohy ve švih. V důsledku toho se objevily sekundární chyby při práci v prostředí softwaru SIMI Motion. I když byl pohyb detailně nastudován, nebylo možné přesně označit žádané body na těle fotbalistů při takzvaném trekování záznamu, příčinou byl právě nepříliš ostrý obraz u rychle se pohybujících segmentů. Tím pádem bylo nutné, u každého snímku určit jednotný způsob označování těchto rozmazaných částí, aby se minimalizoval rozsah chyb. Hodnoty, ke kterým jsme v práci došli, jsou tedy v důsledku nepřesností pouze orientační. Řešením by bylo použití vysokofrekvenčních kamer a radaru.

Existuje tedy spousta prostoru pro další vědeckou práci, která bude předmětem diplomové práce.

4 ZÁVĚR

Cílem práce bylo podrobně analyzovat kop přímým nártem v kopané vzhledem k teoretickému popisu v literatuře a srovnat jej s prakticky prováděnou technikou konkrétních osob. V práci je podrobně popsána lateralita dolních končetin a způsoby vedoucí k jejímu zjištění, dále je detailně popsána technika kopu. Popis techniky je následně srovnán s naším souborem na přiložených kinogramech.

Podle literárních zdrojů je v odpovídajících kapitolách popsána teorie o švihové a odrazové dolní končetině. Předpoklad byl tedy takový, že cvičenec vyskočí výš nepreferovanou dolní končetinou. U obou našich fotbalistů by tedy měly být provedeny vyšší skoky levou nohou. Lateralitu dolních končetin jsme zjišťovali pomocí výskoků na již zmíněné desce. Test probíhal tak, že každý z fotbalistů naskákal nejprve tři pokusy s maximálním úsilím oběma nohama a poté tři pokusy s odhadem 50 % maximálního úsilí, také prováděny levou i pravou nohou. U Dostálka byly naměřeny hodnoty maximálního úsilí pravou nohou, jejichž aritmetický průměr byl vypočítán na 29,6 cm, levou nohou byl průměr vypočítán na 34,8 cm. Novotný naskákal pokusy pravou nohou v celkovém průměru 30,3 cm a levou 31,2 cm. Předpoklady o odrazové končetině se tedy potvrdily u obou fotbalistů.

Dále jsme se zaměřili na analýzu úhlu svírající zadní strana bérce a stehna a jeho vliv na provedení kopu a výsledné rychlosti míče. Zkoumaný prvek byl popsán u obou dolních končetin. U levé nohy byl zjištěn úhel přibližně 90° při zášvihu, u pokusu pravou nohou dosáhl tento úhel hodnoty okolo 70° . Zásvih byl tedy rozsáhlejší a vliv na provedení kopu spočíval v delší dráze kotníku v provedení pravou dolní končetinou a vznikl tak větší prostor k nabrání vyšší rychlosti kotníku. Dalším zkoumaným parametrem byla trajektorie kotníku, především jeho výška při zášvihu a vliv na provedení kopu. Na analýzu výšky kotníku navazuje analýza rychlosti kotníku, úzce související právě s výškovou trajektorií zmíněného segmentu. Podle přiložených grafů bylo zjištěno, že v okamžiku nejnižší výšky dosahuje kotník nejvyšší rychlosti. Tento okamžik nastává při kontaktu nohy s míčem, kdy kotník nabíral svou rychlost při švihu dolní končetiny vpřed. Klesající výška tedy podporuje růst rychlosti. V pokračování rozboru pohybu kotníku navazovala analýza rychlosti kotníku a rychlosti míče. Jako klíčový byl zaznamenán na grafu moment úderu nártu do míče. V tuto chvíli dosáhl kotník nejvyšší rychlosti a ihned po kontaktu nohy s míčem, začala jeho rychlost klesat. Jde o zákon akce a reakce, kdy nárt udělil rychlost míči a zpětná reakce byla klesající rychlost nohy. Posledním krokem bylo změřit rychlost míče u vybraných pokusů levou i

pravou dolní končetinou a potvrdit tím tvrzení o lateralitě nohou. U vybraných pokusů Dostálka byly zjištěny rychlosti pro pravou nohu 27,11 m/s a pro levou 23,83 m/s. Dostálek sám označil ústně svou pravou nohu jako preferovanou, což se potvrdilo i u testu při výskocích a měl by tedy dosáhnout při pokusu touto nohou vyšší rychlosti. Předpoklad u tohoto fotbalisty se tedy potvrdil. Naproti tomu Novotný dosáhl rychlosti při pokusu pravou nohou 26,31 m/s. Ovšem oproti předpokladu dosáhl při pokusu levou nohou rychlosti 29,12 m/s. Přesto, že označil sám jako svou preferovanou dolní končetinu pravou, nedosáhl u tohoto pokusu vyšší rychlosti než u opačné nohy. Důvody jsou rozebrány v příhodné kapitole.

V této práci bylo popsáno mnoho poloh těla při kopu přímým nártem a zjištěno mnoho informací o průběhu pohybu v jednotlivých fázích. Výsledky práce mohou posloužit v trenérské praxi jako vodítko při odstraňování technických chyb. Použité metody by se také daly použít při porovnání technické, silové a rychlostní vyspělosti fotbalistů. Z materiálních důvodů a dále technické a časové náročnosti by ovšem mohla být přístupná zřejmě jen profesionálním klubům.

Na základě provedené analýzy kopu přímým nártem jsme zjistili následující závěry pro praxi:

- Větší výška při maximálním odrazu je dosažena nepreferovanou dolní končetinou.
- Odrazová dolní končetina není preferovaná.
- V provedení kopu preferovanou dolní končetinou je dosaženo vyšší rychlosti míče.
- Technika kopu je kvalitněji provedena preferovanou dolní končetinou.
- Dosažená maximální rychlost kotníku závisí na úhlu mezi zadní stranou bérce a lýtku při zášvih.
- Transfer mezi rychlostí nohy a míče závisí na poloze kotníku a chodidla v okamžiku úderu.
- Nejčastější chybou v provedení nepreferovanou dolní končetinou bývá špatná poloha nártu v okamžiku úderu a malý zášvih.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- BEDŘICH, Ladislav. Fotbal : rituální hra moderní doby. Vyd. 1. Masarykova univerzita Brno : Repropress, 2006. 195 s. ISBN 80-210-3927-2.
- DRNKOVÁ-PAVLÍKOVÁ, Zdena. & SYLLABOVÁ, Renata. Záhada leváctví a praváctví. Vyd. 1. Praha: Avicenum, 1983. 116 s. ISBN 08-037-83
- HARVEY, Gill . Velká škola fotbalu. 2. dopl. vyd. Praha : Svojtka & Co., 2008. 258 s. ISBN 978-80-256-0098-6.
- HUNTER, Davies. The glory game : the new edition of the British football classic. 3rd ed. Edinburgh : Mainstream, 2001. 376 s. ISBN 1-84018-242-3.
- CHOUTKA, Miroslav . Teorie a metodika kopané : Pro studující specializace kopané. Vyd. 1. Praha : SPN , 1963. 182 s. ISBN 17-292-63
- JANURA, Miroslav . Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka. Vyd. 1. Olomouc : Univerzita Palackého, 2004. 84 s. ISBN 80-244-0644-6.
- JANURA, Miroslav; KOTAČKA, Jaroslav; LUKOVICS, Zdeněk . Využití 3D videografické vyšetřovací metody při analýze kopu přímým nártem v kopané. *Physical education and sport* . 2000, 1. vyd, s. 151-155.
- JANURA, Miroslav ; ZAHÁLKA, František. Kinematická analýza pohybu člověka. Vyd. 1. Olomouc : Univerzita Palackého, 2004. 209 s. ISBN 80-244-0930-5.
- MASOPUST, Josef; MAGNUSEK, Jiří . Fotbal : Průvodce nejoblíbenější hrou. Vyd. 1. Ostrava : Librex, 2007. 97 s. ISBN 80-7228-417-7.
- NAVARA, Miroslav., BUZEK, Mário. & ONDŘEJ, Oldřich. Kopaná: Teorie a didaktika. Praha: SPN, 1986.
- ONDŘEJ, Oldřich; BUZEK, Mario; NAVARA, Milan . Základy kopané. Vyd. 1. Praha : SPN, 1972. 164 s. ISBN 17-192-72
- SOVÁK, Miloš. Lateralita : Jako pedagogický problém. Vyd. 1. Praha : SPN, 1962. 266 s. ISBN 14-613-62.
- VEBER, Václav. Malá škola kopané. Vyd. 1. Praha: Olympia, 1984. 193 s.
- *Sofistikovaná biomechanická diagnostika lidského pohybu* [online]. 2009 [cit. 2011-01-05]. Biomechanika pohybu. Dostupné z WWW: <http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php?option=com_content&view=category&id=44&layout=blog&Itemid=59>.

6 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH:

PŘÍLOHA 1:

P1 Protokol 1. Výsledky výskoků na desce Kistler Dostálek

P1 Protokol 2. Výsledky výskoků na desce Kistler Novotný

PŘÍLOHA 2:

P2 Obrázek 1. Testování laterality dolních končetin při výskoku

P2 Obrázek 2. Testování laterality dolních končetin při výskoku

PŘÍLOHA 3:

P3 Obrázek 1. Kalibrace prostoru

PŘÍLOHA 1

P1 Protokol 1 Výsledky výskoků na Desce Kistler Dostálek

Counter Movement Jump (CMJ)

Kistler Quattro Jump Bosco Protocol Version 1.0.9 .2

Name: Tomáš Dostálek

Birthdate: 22.4.1988

Date: 23.11.2010 13:50:03

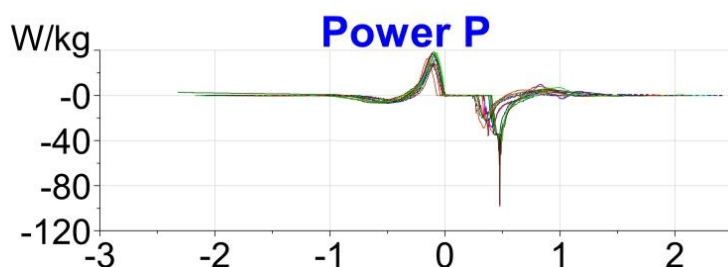
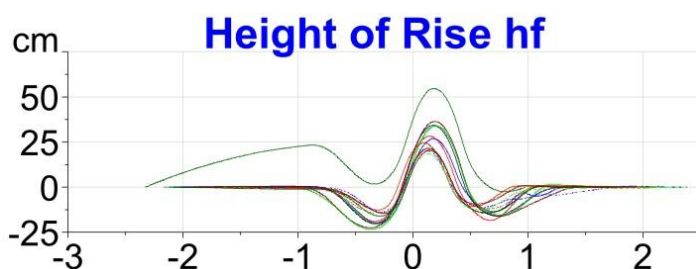
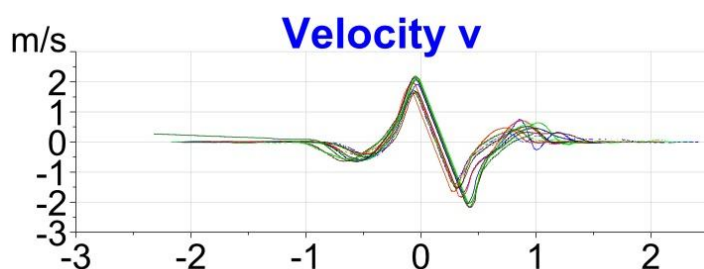
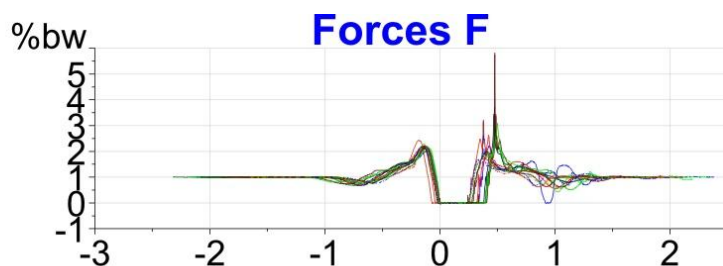
Bilateral Deficit (Pavg): -43.5 %

Fast Twitch Fibres (est.): n/a %FT

Effect of Prestretch: n/a %

(reuse of elastic energy)

Legend #	Leg	hf	hc	Pavg	Fi
		[cm]	[cm]	[W/kg]	[BW]
1	Right	26.7	-19.9	15.2	0.54
2	Right	28.2	-19.0	14.1	0.50
3	Right	33.8	-20.7	17.4	0.58
4	Left	34.2	-20.2	16.2	0.54
5	Both	54.6	1.7	15.9	0.49
6	Left	36.3	-22.5	15.8	0.37
7	Left	33.9	-23.4	15.6	0.36
8	Right	24.4	-12.7	12.0	0.44
9	Right	20.3	-14.5	13.7	0.44
10	Right	21.5	-16.0	12.9	0.46
11	Left	20.0	-14.2	12.7	0.53
12	Left	20.9	-14.4	10.8	0.30
13	Left	18.4	-16.0	12.3	0.43
Avg.		28.7	-16.3	14.2	0.46
Stdev.		10.0	6.4	2.0	0.08



PŘÍLOHA 1

P1 Protokol 2 Výsledky výskoků na Desce Kistler Novotný

Counter Movement Jump (CMJ)

Kistler Quattro Jump Bosco Protocol Version 1.0.9 .2

Name: Petr Novotný

Birthdate: 24.6.1988

Date: 23.11.2010 13:58:19

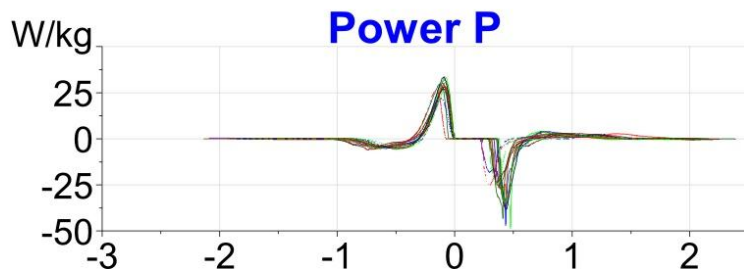
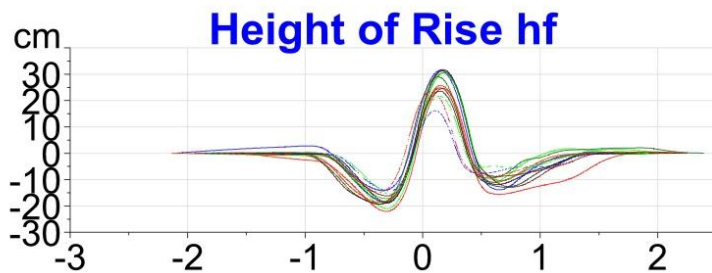
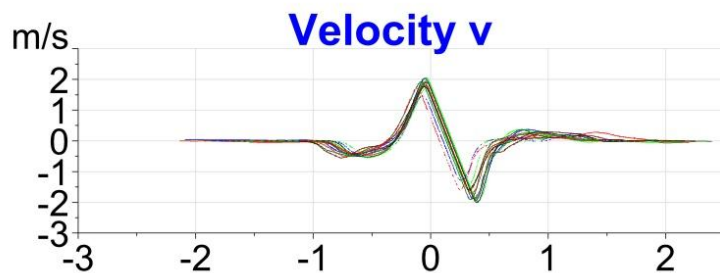
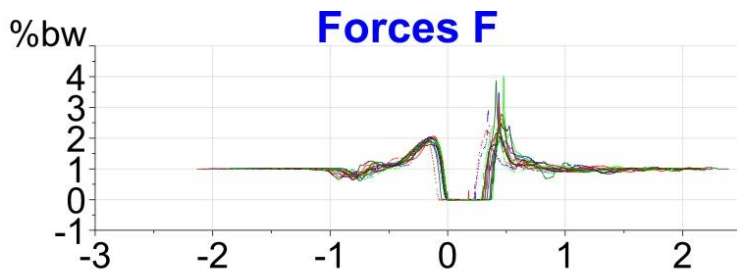
Bilateral Deficit (Pavg): -58.2 %

Fast Twitch Fibres (est.): n/a %FT

Effect of Prestretch: n/a %

(reuse of elastic energy)

Legend #	Leg	hf	hc	Pavg	Fi
		[cm]	[cm]	[W/kg]	[BW]
1	Left	31.4	-14.1	13.3	0.26
2	Left	24.6	-22.1	15.0	0.45
4	Left	30.6	-21.0	17.0	0.61
5	Left	31.7	-18.9	16.4	0.50
6	Right	29.0	-19.3	12.9	0.35
7	Right	31.3	-19.3	14.1	0.30
8	Right	30.5	-17.2	15.5	0.34
9	Left	25.7	-18.6	11.8	0.27
10	Left	24.8	-16.2	13.4	0.38
11	Left	23.5	-18.5	13.7	0.54
12	Right	16.1	-14.4	11.0	0.50
13	Both	23.5	-14.8	10.1	0.37
14	Both	21.6	-15.4	13.1	0.54
Avg.		26.5	-17.7	13.6	0.42
Stdev.		4.7	2.6	2.0	0.11



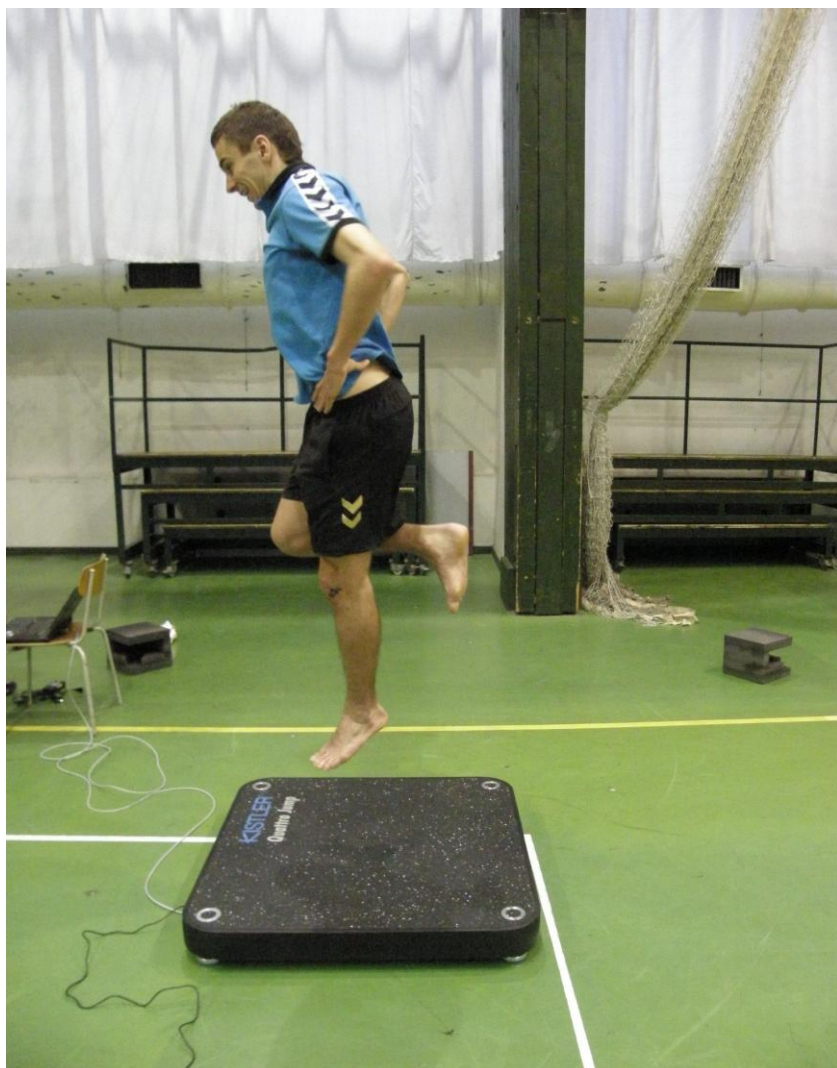
PŘÍLOHA 2

P2 Obrázek 1 Testování laterality dolních končetin při výskoku



PŘÍLOHA 2

P2 Obrázek 2 Testování laterality dolních končetin při výskoku



PŘÍLOHA 3:

P3 Obrázek 1. Kalibrace prostoru



PŘÍLOHA 3:

P3 Obrázek 2. Kalibrace prostoru

